

**ESTABLECIMIENTO DE COLONIAS DE *Panstrongylus geniculatus* EN  
LABORATORIO PARA EL ESTUDIO DEL EFECTO DE VARIABLES CLIMÁTICAS  
SOBRE SU CICLO DE VIDA**

**RICARDO JOSÉ VIVAS MEDINA**

**Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de  
Biólogo**

**Director**

**GUSTAVO ADOLFO VALLEJO**

**Ph.D. Parasitologia**

**Codirector**

**JULIO CESAR CARRANZA**

**Ph.D. Ciências (Biologia da Relação Patógeno-Hospedeiro)**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**PROGRAMA DE BIOLOGÍA**

**IBAGUE-TOLIMA**

**2017**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO**

**TÍTULO ESTABLECIMIENTO DE COLONIAS DE *Panstrongylus geniculatus*  
EN LABORATORIO PARA EL ESTUDIO DEL EFECTO DE VARIABLES  
CLIMÁTICAS SOBRE SU CICLO DE VIDA**

**AUTORES** Ricardo José Vivas Medina (070100122013)

**DIRECTOR** Gustavo Adolfo Vallejo

**CO-DIRECTOR** Julio César Carranza

**JURADOS** Victoria Eugenia Rodríguez Gutiérrez (Universidad del Tolima)  
Jorge Alberto Molina Escobar (Universidad de los Andes)


**CALIFICACIÓN** 4.7

☒ **APROBADO**

☐ **REPROBADO**

**OBSERVACIONES** \_\_\_\_\_

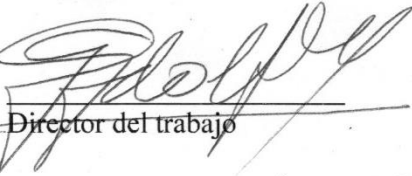
**FIRMAS**



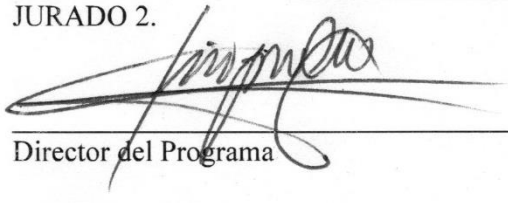
**JURADO 1.**



**JURADO 2.**



**Director del trabajo**



**Director del Programa**

**Ciudad y fecha:** Ibagué, 24 enero 2018

## DEDICATORIA

A la memoria de mi abuela, Victoria Angarita de Medina (1931 – 2017), por su cariño y sabiduría.

A mi madre, María Filmore, quien confió y me apoyo fielmente. Por su amor, cariño y comprensión.

A mi hermano, Camilo Ernesto, por su apoyo y motivación durante el desarrollo del trabajo.

A mi novia, Adriana Marcela, por su sacrificio, comprensión, tolerancia y ayuda.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos:

Al Dr. Gustavo Adolfo Vallejo y al Dr. Julio Cesar Carranza por permitir mi ingreso al Laboratorio de Investigación en Parasitología Tropical (LIPT), por su ejemplo académico, dirección y apoyo en el presente trabajo.

Al profesor Jairo Alfonso Clavijo por su asesoría en el manejo estadístico de los datos.

A la M.Sc. Laura Tamayo por facilitarme bibliografía y estar presta a resolver mis inquietudes.

A la M.Sc. Yazmín Suarez por animarme durante la experimentación y la escritura; Al estudiante Cristian Rodríguez quien me ayudo con la toma de fotografías; A la estudiante Alejandra Bonilla quien me ayudo con la revisión del texto; y a los demás integrantes del LIPT, al M.Sc. Daniel Zabala, a los Biólogos Arlid Meneses y Julián Barbosa y a los estudiantes Laura Osorio, Juan David Medina, Catherine Potes, Liliana López y Carlos Mario Ospina, quienes me brindaron su colaboración en las actividades de laboratorio.

A la estudiante Adriana Marcela Peralta, le debo inmensa gratitud por su incondicional compañía, solidaridad y revisión del texto.

A la estudiante Karol Pulido, por la revisión del texto.

A la Oficina de Investigaciones de la Universidad del Tolima por la financiación del proyecto.

A Colciencias por la financiación del proyecto

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	13
<b>1. OBJETIVOS</b>	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b>	17
2.1 ENFERMEDAD DE CHAGAS O TRIPANOSOMIASIS AMERICANA	17
2.2 VECTORES DE LA ENFERMEDAD	20
2.2.1 Clasificación taxonómica de los triatominos	21
2.2.2 Distribución geográfica de los triatominos	26
2.2.3 Biología de triatominos	28
2.2.4 Descripción morfológica de los triatominos	31
2.2.5 Importancia epidemiológica	38
2.3 GENERALIDADES DE LA ESPECIE <i>Panstrongylus geniculatus</i> (Latreille, 1811)	40
2.4 EFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD SOBRE TRIATOMINOS	48
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b>	54
3.1 MATERIAL BIÓLOGICO	54
3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	54
3.2.1 Estrategia de mantenimiento en condiciones no controladas de laboratorio	54
3.2.2 Estrategia de mantenimiento en condiciones controladas de laboratorio	56
3.3 ANALISIS ESTADISTICO	59
3.3.1 Condiciones no controladas	59
3.3.2 Condiciones controladas	59
<b>4. RESULTADOS</b>	61

<b>4.1 CONDICIONES NO CONTROLADAS</b>	<b>61</b>
4.1.1 Fertilidad de 30 hembras de <i>P. geniculatus</i> sometidas a condiciones de temperatura y humedad relativa fluctuantes	61
<b>4.2 CONDICIONES CONTROLADAS</b>	<b>62</b>
4.2.1 Duración del ciclo de vida de las tres cohortes sometidas a diferentes temperaturas y humedad relativa constante	62
4.2.2 Porcentaje de mortalidad de tres cohortes sometidas a diferentes temperaturas y humedad relativa constante	66
 <b>5. DISCUSIÓN</b>	 <b>69</b>
5.1 CONDICIONES NO CONTROLADAS	70
5.1.1. Fertilidad de 30 hembras sometidas a condiciones de temperatura y humedad relativa fluctuantes	70
5.2 CONDICIONES CONTROLADAS	71
5.2.1 Duración del ciclo de vida de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a tres temperaturas	71
5.2.2. Mortalidad de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a tres temperaturas	78
 <b>6. CONCLUSIONES</b>	 <b>87</b>
 <b>RECOMENDACIONES</b>	 <b>88</b>
 <b>REFERENCIAS</b>	 <b>89</b>
 <b>ANEXOS</b>	 <b>111</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Actual posición de los triatominos en la escala taxonómica.	21
<b>Tabla 2</b> Actual clasificación taxonómica dentro de la subfamilia Triatominae.	23
<b>Tabla 3</b> Duración media del ciclo biológico de triatominos a temperaturas de 25 y 30°C (Días).	51
<b>Tabla 4</b> Porcentaje de eclosión y número de huevos (semanal-mensual) de 30 hembras de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometidas a temperatura y humedad relativa fluctuantes.	61
<b>Tabla 5</b> Tiempo de desarrollo en semanas de huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 26°C.	62
<b>Tabla 6</b> Tiempo de desarrollo en semanas de huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 28°C.	63
<b>Tabla 7</b> Tiempo de desarrollo en semanas de huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 30°C.	64
<b>Tabla 8</b> Porcentaje de mortalidad de huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 26°C.	66
<b>Tabla 9</b> Porcentaje de mortalidad de huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 28°C.	66
<b>Tabla 10</b> Porcentaje de mortalidad de huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 30°C.	67

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b>	Distribución geográfica de las (DTUs) de <i>Trypanosoma cruzi</i> , su asociación con el ciclo doméstico y selvático y la patogenia humana. 18
<b>Figura 2</b>	Representación esquemática del ciclo de vida del protozoo flagelo <i>Trypanosoma cruzi</i> . 20
<b>Figura 3</b>	Mapa combinado de la diversidad para las especies de <i>Panstrongylus geniculatus</i> , <i>Rhodnius pallescens</i> , <i>R. prolixus</i> y <i>Triatoma maculata</i> en Colombia. La escala de color muestra lo siguiente: blanco, cero especies; verde, una especie; verde claro, dos especies; marrón, tres especies; y rojo, cuatro especies. 27
<b>Figura 4</b>	Distribución de los principales triatominos asociados al hábitat humano según las zonas biogeográficas de Colombia. 28
<b>Figura 5</b>	Estadios de desarrollo (huevos, ninfas y adulto) de la hembra de <i>Panstrongylus megistus</i> (Burmeister, 1835). 30
<b>Figura 6</b>	Morfología externa de un triatomino. A. vista dorsal del cuerpo completo. B. Vista dosral del pronotum. C. vista dorsal de la cabeza. 34
<b>Figura 7</b>	Vista ventral y lateral de la región anterior y media de un triatomino. A. Vista ventral de la cabeza y el tórax. B. Vista lateral de la cabeza y el tórax. C. Pata delantera. D. Ala posterior. E. Ala anterior (Hemiélitro). 35
<b>Figura 8</b>	Vista lateral de la cabeza de un triatomino: 1. Labrum. 2. Anteclipeo. 3. Membrana articular. 4. búcula. 5. Postclipeo. 6. Placa maxilar. 7. Tubérculo antenífero. 8. Jugum. 9. Jena. 10. Sutura ocular. 11. Sinlipsis. 12. Ojo compuesto. 13. Callosidad. 14. Surco postocular. 15. Ocelo. 16. Vértice. 17. Cuello. 18. Occipucio. 19. Collar. 20. Cóndilo occipital. 21, 22, 23: 1 °, 2 ° y 3 ° segmento del rostro. 36
<b>Figura 9</b>	Morfología abdominal de un triatomino. A. Vista dorsal del abdomen de un macho. B. Vista ventral del abdomen de un macho. C. Vista dorsal del abdomen de una hembra. 38



<b>Figura 10</b>	Mapa de las regiones endémicas de Chagas de América Central y del Sur mostrando respectivas asociaciones con las 14 especies de vectores más importantes. Las cinco especies más importantes y sus regiones asociadas se indican en rojo.	39
<b>Figura 11</b>	Dimensiones del estadio adulto (hembra y macho) de <i>Panstrongylus geniculatus</i> en condiciones de laboratorio.	41
<b>Figura 12</b>	Distribución de <i>Panstrongylus geniculatus</i> en el departamento del Tolima.	43
<b>Figura 13</b>	Diagrama de la cámara climática no automatizada.	57
<b>Figura 14</b>	Área de experimentación en el Laboratorio de Investigación en Parasitología Tropical de la Universidad del Tolima.	58
<b>Figura 15</b>	Diagrama metodológico para el estudio del ciclo de vida de <i>Panstrongylus geniculatus</i> a tres temperaturas diferentes.	60
<b>Figura 16</b>	Comparación del tiempo de desarrollo expresado en semanas desde huevo a adulto mantenido a tres temperaturas. Las barras verticales representan el promedio y los intervalos de confianza (95%). A. Huevo a Ninfa 1. B. Ninfa 1 a Ninfa 2. C. Ninfa 2 a Ninfa 3. D. Ninfa 3 a Ninfa 4. E. Ninfa 4 a Ninfa 5. F. Ninfa 5 a Adulto.	65
<b>Figura 17</b>	Comparación de la mortalidad a tres temperaturas expresada en porcentaje. Las barras verticales indican el promedio y los intervalos de Confianza (95%). A. Huevo a Ninfa 1. B. Ninfa 1 a Ninfa 2. C. Ninfa 2 a Ninfa 3. D. Ninfa 3 a Ninfa 4. E. Ninfa 4 a Ninfa 5. F. Ninfa 5 a Adulto	68

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A</b> Huevos de <i>Panstrongylus geniculatus</i> al tercer día de postura.	112
<b>Anexo B</b> Huevos de <i>Panstrongylus geniculatus</i> al doceavo día de postura.	113
<b>Anexo C</b> Estadio ninfal I de <i>Panstrongylus geniculatus</i> .	114
<b>Anexo D</b> Estadio ninfal II de <i>Panstrongylus geniculatus</i> .	115
<b>Anexo E</b> Estadio ninfal III de <i>Panstrongylus geniculatus</i> .	116
<b>Anexo F</b> Estadio ninfal IV de <i>Panstrongylus geniculatus</i> .	117
<b>Anexo G</b> Estadio ninfal V de <i>Panstrongylus geniculatus</i> .	118
<b>Anexo H</b> Estadio adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> , hembra.	119
<b>Anexo I</b> Estadio adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> , macho.	120
<b>Anexo J</b> Formato donde se registró la eclosión y el número mudas de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 26°C.	121
<b>Anexo K</b> Formato donde se registró la eclosión y el número mudas de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 28°C.	123
<b>Anexo M</b> Formato donde se registró la eclosión y el número mudas de <i>Panstrongylus geniculatus</i> sometido a 30°C.	125
<b>Anexo N</b> Tiempo transcurrido desde huevo a adulto expresado en semanas de <i>Panstrongylus geniculatus</i> mantenido a tres temperaturas.	127
<b>Anexo Ñ</b> Porcentaje de mortalidad registrada desde huevo a adulto de <i>Panstrongylus geniculatus</i> mantenido a tres temperaturas.	128
<b>Anexo O</b> Cuadro comparativo de la duración en semanas y días del periodo de incubación y del ciclo de vida de algunos triatominos. P.S.: Promedio de semanas. P.D.: Promedio de días. Min: Mínimo de días. Max: Máximo de días.	129
<b>Anexo P</b> Cuadro comparativo del porcentaje de eclosión y de mortalidad de los estadios ninfales de algunos triatominos. P.E. Porcentaje de eclosión. M.A. Moratlidad acumulada.	139

## RESUMEN

Como consecuencia del cambio climático se pronostica que la temperatura global podrá aumentar hasta 5,8°C en el siglo XXI, escenario que se constituirá en el mayor reto que tendrá que afrontar la humanidad. Debido a que la mayoría de los organismos relacionados con enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, son sensibles a las condiciones climáticas, se espera que bajo la ocurrencia de cambio climático se vea afectada la prevalencia y distribución geográfica de las enfermedades infecciosas. *Panstrongylus geniculatus* es un vector silvestre de la enfermedad de Chagas, ampliamente distribuido en América Latina, que posee importantes prevalencias de *Trypanosoma cruzi*, hábitos intrusivos, capacidad para colonizar viviendas humanas, apetencia por la sangre humana y ha sido relacionado con brotes por transmisión oral, por lo tanto, su importancia epidemiológica en la actualidad está aumentando. Sin embargo, no existen reportes de estudios que se hallan orientado a determinar la influencia de variables climáticas (temperatura y humedad relativa) sobre el ciclo de vida del vector *P. geniculatus*. La falta de publicaciones al respecto se debe a la dificultad de mantener colonias en laboratorio y a los escasos individuos que se recolectan en campo. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar las condiciones óptimas de laboratorio para el establecimiento de colonias de *P. geniculatus*. Se establecieron condiciones controladas y no controladas: en las controladas se desarrollaron 3 tratamientos (en incubadoras que estuvieron programadas a temperaturas de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 5\%$  y fotoperiodo de 12:12) y en las no controladas se realizó un tratamiento que solo observó porcentaje de eclosión (con temperatura fluctuante 24-30°C y humedad relativa fluctuante 60-80%). Todos los individuos se alimentaron semanalmente con sangre de gallina (*Gallus gallus*) durante 30 minutos. El tratamiento con temperatura controlada de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  mostró el menor porcentaje de mortalidad, por lo que se considera como la temperatura óptima para el establecimiento de colonias de la especie en laboratorio.

**Palabras clave:** Enfermedad de Chagas, triatominos, *Panstrongylus geniculatus*, ciclo de vida, calentamiento global.

## ABSTRACT

As a consequence of climate change, it is predicted that the global temperature will be able to increase up to 5.8 ° C in the 21st century, a scenario that will constitute the greatest challenge that humanity will have to face. Due to the fact that most of the organisms related to infectious diseases transmitted by vectors are sensitive to climatic conditions, it is expected that under the occurrence of climate change the prevalence and geographical distribution of infectious diseases will be affected. *Panstrongylus geniculatus* is a wild vector of Chagas disease, widely distributed in Latin America, which has important prevalences of *Trypanosoma cruzi*, intrusive habits, ability to colonize human dwellings, appetite for human blood and has been incriminated in outbreaks of transmission infection oral, therefore, its epidemiological importance is currently increasing. However, there are no reports of studies that are oriented to determine the influence of climatic variables (temperature and relative humidity) on the life cycle of the *P. geniculatus* vector. The lack of publications in this regard is due to the difficulty of maintaining colonies in the laboratory and the few individuals that are collected in the field. Therefore, the objective of this work was to determine the optimal laboratory conditions for the establishment of colonies of *P. geniculatus*. Controlled and uncontrolled conditions were established: in the controlled ones, 3 treatments were developed (in incubators that were programmed at temperatures of  $26 \pm 1$  ° C,  $28 \pm 1$  ° C and  $30 \pm 1$  ° C, relative humidity of  $70 \pm 5\%$  and photoperiod of 12:12) and in the non-controlled ones a treatment was carried out that only observed hatching percentage (with fluctuating temperature 24-30 ° C and fluctuating relative humidity 60-80%). All individuals were fed weekly chicken blood (*Gallus gallus*) for 30 minutes. The treatment with controlled temperature of  $26 \pm 1$  ° C showed the lowest percentage of mortality, which is why it is considered the optimum temperature for the establishment of colonies of the species in the laboratory.

**Keywords:** Chagas disease, triatomines, *Panstrongylus geniculatus*, life cycle, global warming.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las autoridades académicas y científicas han identificado seis problemas globales que deberán ser abordados prioritariamente en las próximas décadas. Estos problemas son: el calentamiento global, el agotamiento y pérdida de los recursos hídricos, la pérdida de la seguridad alimentaria, la pérdida acelerada de la biodiversidad animal y vegetal, la emergencia y reemergencia de nuevas enfermedades infecciosas y aumento de las enfermedades crónicas, y la búsqueda de nuevas fuentes energéticas distintas a las energías basadas en combustible fósil (The Royal Society, 2011).

Para abordar la problemática del calentamiento global es preciso entender que este escenario se presenta dentro del marco del cambio climático, el cual se entiende como un cambio en el valor medio de una variable climática por un período prolongado de tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como consecuencia de la actividad humana. Los climatólogos predicen que el aumento de la temperatura en la superficie terrestre será de 1,5 – 5,8°C durante el siglo XXI, por lo tanto; se pronostica que el nuevo escenario de calentamiento global será el mayor reto que deberá afrontar la humanidad actual y futura (IPCC, 2014).

Existe evidencia sobre el efecto del aumento de la temperatura ambiental sobre la salud humana, especialmente cuando se trata de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores, debido a que la mayoría de los organismos relacionados con estas patologías son sensibles a las condiciones climáticas (Altizer, Ostfeld, Johnson, Kutz & Harvell 2013; Wu, Yongmei, Zhou, Chen & Xu, 2016; Liang & Gong, 2017). Por lo tanto, se espera que en el nuevo escenario de calentamiento global, el rango geográfico, la proliferación, la prevalencia, la viabilidad y la tasa de maduración de los vectores y los agentes infecciosos se vean afectados, alterándose sus ciclos de transmisión (Gage, Burkot, Eisen & Hayes, 2008).

La enfermedad de Chagas es una infección crónica, silenciosa y potencialmente mortal, cuyo agente causal es el protozoo flagelado *Trypanosoma cruzi*, el cual posee un complejo ciclo de vida que involucra a dos hospederos, un mamífero y un insecto triatomino (Macedo, Oliviera & Pena, 2002). La enfermedad es endémica en 21 países de América Latina en donde se considera un importante problema de salud pública, ya que afecta entre 6 y 7 millones de personas (OMS, 2015), y se encuentra entre las diez enfermedades tropicales desatendidas más importantes (Justi & Galvao, 2016).

Los Triatominae son un grupo de insectos hematófagos, que tienen la capacidad de transmitir el flagelado al mamífero (Jurberg & Galvao, 2006). La clasificación taxonómica actual acepta 152 especies agrupadas en 5 tribus y 15 géneros (Justi & Galvao, 2016; Rosa et al., 2017), de las cuales 14 especies son catalogadas como vectores primarios, entre las que se encuentra *Panstrongylus geniculatus* (Gulh, 2017).

En las últimas décadas se han realizado numerosos estudios para dilucidar la influencia de las variables ambientales sobre los triatominos. De acuerdo con Luz, Fargues & Grunewald (1999) el desarrollo de *Rhodnius prolixus* es dependiente de la temperatura y la humedad relativa, además los estadios I y V son los más sensibles a las variaciones climáticas; Guarneri, Lazzari, Xavier, Diotaiuti & Lorenzo (2003) observaron que a temperaturas inferiores a 20°C, *Triatoma brasiliensis* no presentó eclosión, y la mortalidad fue elevada para los estadios I y II; Martínez et al., (2008) observaron que al aumentar la temperatura se reduce el tiempo de desarrollo de *Triatoma mexicana*. Franzim (2017), estudió el desarrollo de 80 ninfas de *P. herreri*, bajo condiciones fluctuantes de temperatura (18,87°C-31,03°C) y humedad relativa (56,85%-25,66%), los resultados indicaron que el tiempo de desarrollo de una etapa a la siguiente no varió, por lo tanto, la especie parece ser capaz de aclimatarse y alcanzar la madurez sexual bajo condiciones ambientales diferentes a sus condiciones normales.

Los reportes indican que variables ambientales como la humedad relativa y la temperatura, afectan el desarrollo del ciclo de vida y el porcentaje de mortalidad de varios triatominos. Sin embargo, no se encontraron reportes acerca del efecto de variables

ambientales sobre *P. geniculatus*, especie de importancia epidemiológica debido a su amplia distribución geográfica en América Latina y Colombia (Patterson, Barbosa & Feliciangeli, 2009; Carcavallo et al., 1998c; Guhl, Aguilera, Pinto & Vergara, 2007; Parra, Flórez & Angulo, 2015), recurrente infestación intradomiciliar (Feliciangeli et al., 2004; Reyes, Torres, Esteban, Flórez & Angulo, 2017), buena capacidad para colonizar el domicilio y peridomicilio (Valente, 1999; Reyes, 2000; Wolff & Castillo, 2000), altos niveles de infección natural con *T. cruzi* (Carrasco, Torrellas, García, Segovia & Feliciangeli, 2005), apetencia por la sangre humana (Carrasco et al., 2012; Carrasco et al., 2014) y ha sido relacionada con brotes por transmisión oral (Alarcón et al., 2015; Ramírez et al., 2013; Rueda, Trujillo, Carranza & Vallejo, 2014).

La escasa publicación de trabajos sobre *P. geniculatus* obedece a que es una especie que exige condiciones de humedad relativa específicas, difícil de mantener en laboratorio, además el número de individuos que se colectan en campo es reducido, impidiendo el establecimiento de colonias in-vitro (Cabello & Galíndez, 1998). Sin embargo, a pesar de las dificultades se han publicado algunos trabajos que estudiaron el ciclo de vida de esta especie en condiciones de laboratorio, entre las cuales se destacan Cabello & Galíndez (1998), Wolff & Gonzales, (1998), Esteban & Angulo (2011a), Esteban & Angulo (2011b) y Rabinovich & Feliciangeli (2015).

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo establecer las condiciones óptimas para el establecimiento de colonias de *P. geniculatus* en laboratorio, lo cual contribuirá al estudio y entendimiento del efecto de las variables ambientales (temperatura y humedad relativa), sobre el ciclo de vida, la fecundidad y la fertilidad de esta especie. Adicionalmente, estos resultados permitirán el diseño de estrategias para su control en relación con el nuevo escenario de calentamiento global.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las condiciones óptimas de laboratorio para el establecimiento de colonias de *Panstrongylus geniculatus*

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el desarrollo de una colonia de *Panstrongylus geniculatus* en condiciones ambientales no controladas
- Describir el desarrollo de una colonia de *Panstrongylus geniculatus* bajo tres condiciones de temperatura (26, 28, 30  $\pm$  1°C) y humedad relativa constante de 75  $\pm$  5%
- Determinar cuál de las condiciones de temperatura y humedad relativa controladas son óptimas para el establecimiento de colonias de *Panstrongylus geniculatus* en laboratorio



## 2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 ENFERMEDAD DE CHAGAS O TRIPANOSOMIASIS AMERICANA

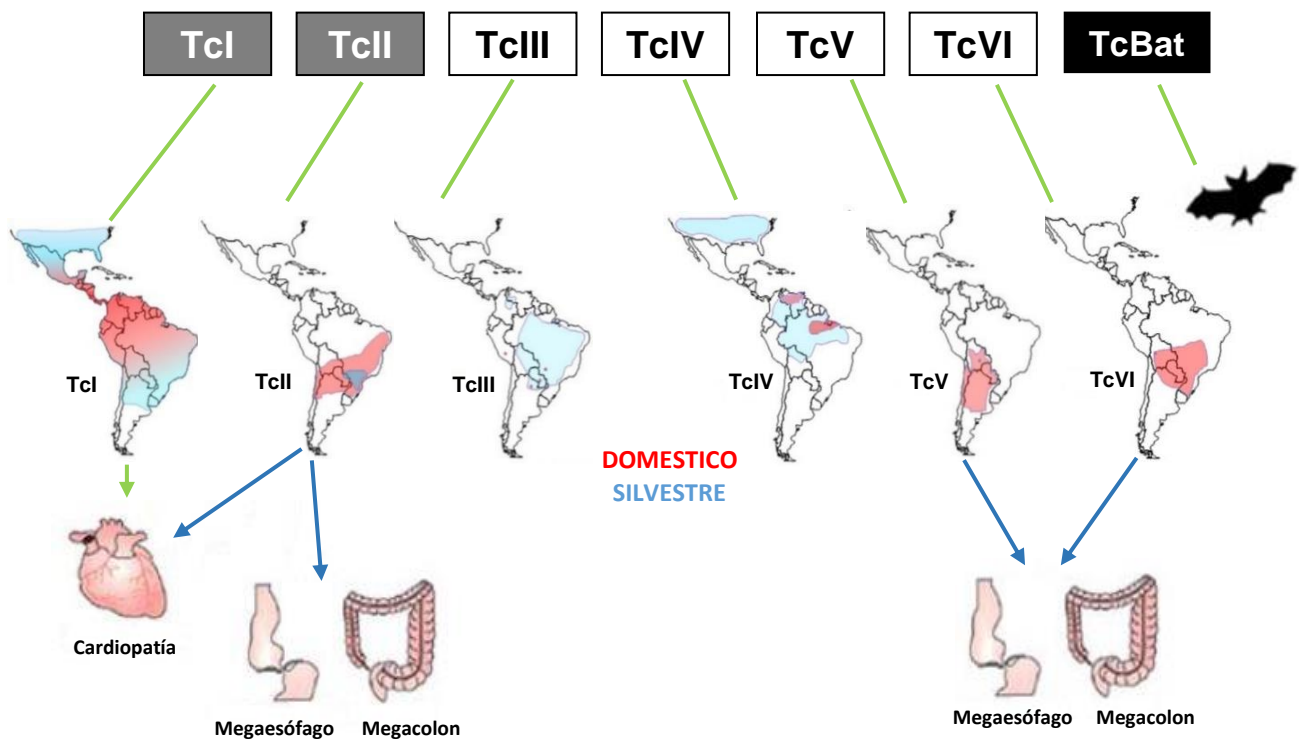
La Tripanosomiasis Americana es considerada actualmente una enfermedad parasitaria sistémica de carácter crónico, potencialmente mortal, endémica y ampliamente distribuida en el continente americano (Araujo et al., 2017; Botero & Restrepo, 2012; Guhl, 2009; Jurberg & Galvao, 2006); inicialmente restringida a 21 países endémicos de América Latina, sin embargo, se han reportado casos en Norte América y Europa (Guhl, 2017; OMS, 2017). La principal ruta de transmisión del parásito al hombre en las regiones endémicas es por vía vectorial, a través de las deyecciones infectadas del insecto transmisor, no obstante, también puede ser adquirida mediante transfusión de sangre, transmisión congénita, donación de órganos y por vía oral; aunque estos modos de transmisión son menos frecuentes (Kransdorf, Zakowski & Koboshigawa, 2014; Moncayo & Silveira, 2017; Pereira & Navarro, 2013; Rueda et al., 2014).

El agente etiológico es un parásito protozoo denominado *Trypanosoma cruzi*, perteneciente al orden Kinetoplastida y familia Trypanosomatidae, caracterizado por la presencia de un flagelo y una sola mitocondria en la que está situado el kinetoplasto, un orgánulo especializado con ADN además del núcleo (Hamilton & Stevens, 2017; Lana & Menezes, 2017). La enfermedad de Chagas se considera un importante problema de salud pública, se encuentra entre las diez enfermedades tropicales desatendidas más importantes y es considerada la infección parasitaria más perjudicial en América Latina (Justi & Galvao, 2016). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2015), se estima que entre 6 y 7 millones de personas están infectadas en 21 países de América Latina, y 25% de la población en riesgo debido a la distribución geográfica de los vectores.

Este organismo microscópico tiene un complejo ciclo de vida ya que involucra a dos tipos de hospedero, un mamífero y un insecto, y presenta alta diversidad genotípica (Lent &

Wygodzinsky, 1979; Zingales et al., 2012). *Trypanosoma cruzi* puede circular entre más de 100 especies de mamíferos de siete ordenes incluyendo el hombre y tiene la capacidad de colonizar casi cualquier tipo de tejido de estos huéspedes, por ejemplo, las glándulas olfativas de *Didelphis* spp. y *Lutreolina crassicaudata*, así como la córnea de *Thrichomys apereoides* y el tejido cardiaco y el tubo digestivo en el ser humano (Botero & Restrepo, 2012; Jansen et al., 2017); puede ser mantenido por alrededor de 150 insectos agrupados en la subfamilia Triatominae (Justi & Galvão, 2016; Jurberg & Galvao, 2006; Lent & Wygodzinsky, 1979; Schofield & Galvão, 2009); y actualmente se entiende la especie como un conjunto de poblaciones o genotipos de diferente grado de patogenicidad y distribución geográfica, denominadas DTUs (Unidades discretas de tipificación), que van desde el TcI a TcVI y TcBat (Figura 1) (Gulh, 2017; Zingales et al., 2012).

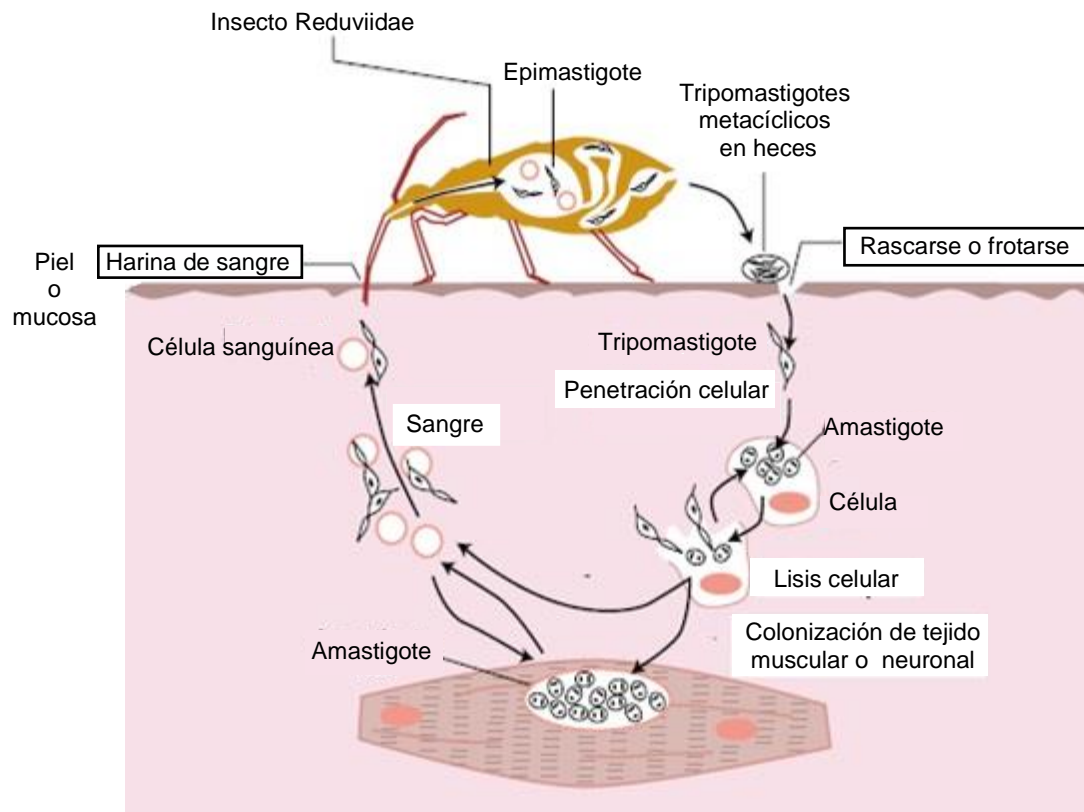
**Figura 1.** Distribución geográfica de las (DTUs) de *Trypanosoma cruzi*, su asociación con los ciclos domésticos y selváticos y la patogenicidad humana.



Fuente: Tomado de Gulh, 2017; Zingales et al., 2012.

El ciclo de vida del parásito inicia cuando el insecto se alimenta sobre el mamífero infectado con tripomastigotes metacíclicos circulantes. Dentro del insecto, el parásito sufre transformaciones que se pueden dividir en tres fases: i.) forma redondeada en el estómago denominada esferomastigote, ii) forma fusiforme denominada epimastigote en el intestino medio, donde se divide intensamente por fisión binaria; y iii) forma de C con un flagelo libre y alargado denominada tripomastigote metacíclico en el intestino posterior, la cual es la forma infecciosa para el mamífero. Conforme el insecto se alimenta defeca sobre el mamífero, liberando las formas infectivas sobre el punto lesionado de la picadura, las cuales penetran el tejido; dentro del mamífero los tripomastigotes metacíclicos que entran al organismo pueden invadir diferentes tipos celulares y se convierten en la cuarta forma, los amastigotes, que se multiplican activamente por fisión binaria dentro de la célula y se transforman en tripomastigotes metacíclicos hasta lisis. Una vez liberados entran a la circulación sanguínea, parte de ellos puede infectar otras células y transformarse en amastigotes intracelulares, mientras que otra parte, puede permanecer circulantes y ser absorbidos por un nuevo insecto (Figura 2) (Macedo et al., 2002).

**Figura 2.** Representación esquemática del ciclo de vida del protozoo flagelo *Trypanosoma cruzi*.



Fuente: Adaptado de Macedo et al., 2002.

## 2.2 VECTORES DE LA ENFERMEDAD DE CHAGAS

Se sabe que la relación del hombre americano con el insecto vector es muy antigua. Guhl et al., (1999) a través de técnicas moleculares demostraron que en varios países de América Latina hubo humanos precolombinos contagiados. Igualmente Rodríguez (2004), manifestó que los nombres vernáculos que emplea la población contemporánea para referirse al insecto son imaginarios que cambian conforme las regiones, y donde predominaban culturas precolombinas, los nombres comunes tienden a derivar de lenguas como Quechua (Ecuador, Perú, Chile, Argentina y Uruguay), Aymara (Bolivia), Nahuatl (México) o culturas amazónicas como Ticuna y Huitota (Citado por Schofield & Galvo, 2009). Los insectos vectores son un diverso conjunto de artrópodos clasificados

en la subfamilia Triatominae, que natural o experimentalmente han mostrado la capacidad de mantener el ciclo biológico del parásito y transmitirlo al mamífero, por lo tanto, todos son vectores potenciales de la Tripanosomiasis Americana (Jurberg & Galvao, 2006), sin embargo, los de mayor importancia epidemiológica son aquellos que se adaptan a ambientes artificiales (Galvao, Carcavallo, Rocha & Jurberg, 2003).

**2.2.1 Clasificación taxonómica de los triatominos.** La clasificación contemporánea de los triatominos ha tratado de integrar los enfoques tradicionales y una amplia variedad de interpretaciones evolutivas modernas (Schofield & Galvão, 2009). La última clasificación taxonómica se encuentra en Justi & Galvao (2016), sin embargo, se debe agregar la nueva especie descrita por Rosa et al., (2017) denominada *R. taquarussuensis*; a la luz de estos autores, en la actualidad se han descrito 152 especies (2 fósiles, 2 en discusión y 148 existentes), agrupadas en 5 tribus y 15 géneros (Tabla 1 y 2). La tribu con mayor riqueza es la Triatomini, la cual incluye el 75,5% de las especies existentes, seguido de Rhodniini con el 13,6%, Bolboderini con 8,8% y finalmente Alberprosenini y Cavernocolini con 1,3%; dentro de las dos tribus más diversas se encuentran los tres géneros con mayor importancia epidemiológica (*Panstrongylus* spp., *Rhodnius* spp. y *Triatoma* spp.) en América Latina (Dujardin, Schofield & Panzera, 2002).

**Tabla 1.** Actual posición de los triatominos en la escala taxonómica.

<b>Taxón</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Autor</b>
<b>Superreino</b>	EUKARYOTA	(Chatton, 1925) Whittaker & Margulis, 1978
<b>Reino</b>	ANIMALIA	Linnaeus, 1758
<b>Infrareino</b>	PROTOSTOMIA	Linnaeus, 1908
<b>Subreino</b>	BILATERIA	(Hatschek, 1888) Cavaller, 1983
<b>Filo</b>	ARTHROPODA	Latreille, 1829
<b>Subfilo</b>	HEXAPODA	Latreille, 1825
<b>Clase</b>	INSECTA	Linnaeus, 1758
<b>Subclase</b>	PTERYGOTA	Brauer, 1885
<b>Infracase</b>	NEOPTERA	Martynov, 1923
<b>Superorden</b>	PARANEOPTERA	Martynov, 1925

<b>Taxón</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Autor</b>
<b>Orden</b>	HEMIPTERA	Linnaeus, 1758
<b>Suborden</b>	HETEROPTERA	Martynov, 1925
<b>Infraorden</b>	CIMICOMORPHA	Leston et al., 1954
<b>Superfamilia</b>	REDUVIDOIDEA	Latreille, 1807
<b>Familia</b>	REDUVIIDAE	Latreille, 1807
<b>Subfamilia</b>	TRIATOMINAE	Jeannel, 1919

Fuente: Adaptado de Galvao et al., 2003; Goula & Mata, 2015; Ruggiero et al., 2015.

**Tabla 2.** Actual clasificación taxonómica dentro de la subfamilia Triatominae.

TRIBU	GÉNERO	Nº DE SP.	GRUPO	ESPECIE
<b>ALBERPROSENIINI</b> <b>Martínez &amp; Carcavallo, 1977</b>	<i>Alberprosenia</i>	2		<i>A. goyovargasi</i> , <i>A. malheiro</i> <sup>b</sup>
	Martínez & Carcavallo, 1977			
<b>BOLBODERINI</b> <b>Usinger, 1944</b>	<i>Belminus</i>	8		<i>B. corredor</i> <sup>b</sup> , <i>B. costaricensis</i> , <i>B. ferroae</i> <sup>b</sup> , <i>B. herreri</i> <sup>b,c</sup> , <i>B. laportei</i> , <i>B. peruvianus</i> <sup>b</sup> , <i>B. pittieri</i> , <i>B. rugulosus</i>
	Stål, 1859			
	<i>Bolboderia</i>	1		<i>B. cabrosa</i>
	Valdés, 1910			
	<i>Microtriatoma</i>	2		<i>M. borbai</i> <sup>c</sup> , <i>M. trinidadensis</i> <sup>b</sup>
	Prosen y Martínez, 1952			
	<i>Parabelminus</i>	2		<i>P. carioca</i> <sup>c</sup> , <i>P. yurupucu</i>
	Lent, 1943			
<b>CAVERNICOLINI</b> <b>Usinger, 1944</b>	<i>Cavernicola</i>	2		<i>C. lenti</i> , <i>C. pilosa</i> <sup>b</sup>
	Barber, 1937			
<b>RHODNIINI</b> <b>Pinto, 1926</b>	<i>Psammolestes</i>	3		<i>P. arthuri</i> , <i>P. coreodes</i> <sup>b</sup> , <i>P. tertius</i>
	Bergroth, 1911			
			prolixus	<i>R. barretti</i> , <i>R. dalessandroi</i> , <i>R. domesticus</i> <sup>b</sup> , <i>R. milesi</i> , <i>R. neiva</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. marabaensis</i> , <i>R. montenegrensis</i> , <i>R. nasutus</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. neglectus</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. prolixus</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. robustus</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. taquarussuensis</i> <sup>+</sup>
	<i>Rhodnius</i>	21	pictipes	<i>R. amazonicus</i> , <i>R. brethesi</i> , <i>R. paraensis</i> , <i>R. pictipes</i> <sup>b</sup> , <i>R. stali</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. zeledoni</i>
	Stål, 1859			
			pallesens	<i>R. colombiensis</i> <sup>c</sup> , <i>R. ecuadoriensis</i> <sup>b,c</sup> , <i>R. pallescens</i> <sup>b,c</sup>

TRIBU	GÉNERO	N° DE SP.	GRUPO	ESPECIE
TRIATOMINI Jeannel, 1919	<i>Dipetalogaster</i> Usinger, 1939	1		<i>D. maxima</i> <sup>c</sup>
	<i>Eratyrus</i> Stål, 1859	2		<i>E. cuspidatus</i> <sup>b,c</sup> , <i>E. mucronatus</i> <sup>b</sup>
	<i>Hermanlenticia</i> Jurberg y Galvão, 1997	1		<i>H. matsunoi</i>
	<i>Linshcosteus</i> Distant, 1904	6		<i>L. carnifex</i> , <i>L. chota</i> , <i>L.confumus</i> , <i>L. costalis</i> , <i>L. kali</i> , <i>L. karupus</i>
	<i>Panstrongylus</i> (Berg, 1879)	15		<i>P. china</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. geniculatus</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. guentheri</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. hispaniolae</i> <sup>a</sup> , <i>P. lenti</i> , <i>P. tupynamba</i> <sup>b</sup> , <i>P. howard</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. humeralis</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. lignarius</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. diasi</i> , <i>P. lutzii</i> <sup>b</sup> , <i>P. sherlocki</i> , <i>P. megistus</i> <sup>b,c</sup> , <i>P. mitarakaensis</i> , <i>P. rufotuberculatus</i> <sup>b,c</sup> .
	<i>Paratriatoma</i> Barber, 1938	1		<i>P. hirsuta</i> <sup>b</sup>
TRIATOMINI Jeannel, 1919				<i>T. dominicana</i> <sup>a</sup>
	<i>Triatoma</i> Laporte, 1832		rubrofasciata	<i>T. dimidiata</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. hegneri</i> <sup>c</sup> , <i>T. brailovskyi</i> , <i>T. gomeznunezi</i> , <i>T. sínica</i> , <i>T. bassolsae</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. bolivar</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. longipennis</i> <sup>c</sup> , <i>T. mazzottii</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. nitida</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. mexicana</i> , <i>T. pallidipennis</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. phyllosoma</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. picturata</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. ryckmani</i> , <i>T. flavida</i> <sup>b</sup> , <i>T. bruneri</i> , <i>T. obscura</i> , <i>T. amicitiae</i> , <i>T. bouvieri</i> , <i>T. cavernicola</i> , <i>T. leopoldi</i> , <i>T. migrans</i> , <i>T. pugasi</i> , <i>T. rubrofasciata</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. barberi</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. incrassata</i> , <i>T. neotomae</i> <sup>c</sup> , <i>T. peninsularis</i> <sup>c</sup> , <i>T. recurva</i> <sup>c</sup> , <i>T. protracta</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. sinaloensis</i> <sup>c</sup> , <i>T. gerstaeckeri</i> <sup>c</sup> , <i>T. indictiva</i> , <i>T. rubida</i> <sup>c</sup> , <i>T. lecticularia</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. sanguisuga</i> <sup>b,c</sup>
		85		



TRIBU	GÉNERO	N° DE SP.	GRUPO	ESPECIE
			dispar	<i>T. bolviana</i> <sup>b</sup> , <i>T. carrioni</i> <sup>c</sup> , <i>T. dispar</i> <sup>c</sup> , <i>T. nigromaculata</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. venosa</i> <sup>c</sup>
			infestans	<i>T. bahiensis</i> , <i>T. brasiliensis</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. juazeirensis</i> <sup>b</sup> , <i>T. melanica</i> , <i>T. melanocephala</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. petrochiae</i> , <i>T. lenti</i> <sup>c</sup> , <i>T. sherlocki</i> , <i>T. jatai</i> , <i>T. tibiamaculata</i> <sup>*c</sup> , <i>T. vitticeps</i> <sup>*b,c</sup> , <i>T. delponte</i> <sup>c</sup> , <i>T. infestans</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. platensis</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. arthurneivai</i> , <i>T. maculata</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. pseudomaculata</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. spinola</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. wygodzinskyi</i> , <i>T. baratai</i> , <i>T. costalimai</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. deaneorum</i> <sup>b</sup> , <i>T. guazu</i> , <i>T. jurbergi</i> <sup>c</sup> , <i>T. matogrossensis</i> <sup>b</sup> , <i>T. vandae</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. parapatrica</i> , <i>T. william</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. carcavallo</i> <sup>b</sup> , <i>T. circummaculata</i> <sup>c</sup> , <i>T. klugi</i> , <i>T. limai</i> , <i>T. oliveirai</i> , <i>T. pintodiasi</i> , <i>T. rubrovaria</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. garciabesi</i> <sup>b</sup> , <i>T. guasayana</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. patagonica</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. sordida</i> <sup>b,c</sup> , <i>T. breyeri</i> , <i>T. eratyrisiformis</i> , <i>T. gajardo</i> <sup>c</sup>

<sup>a</sup>. Especies fósiles

<sup>b</sup>. Especies que se han encontrado en ambiente doméstico o peridoméstico

<sup>c</sup>. Especies que se han encontrado infectadas con *T. cruzi*

<sup>\*</sup>. Especies que están en discusión

<sup>+</sup>. Nueva especie

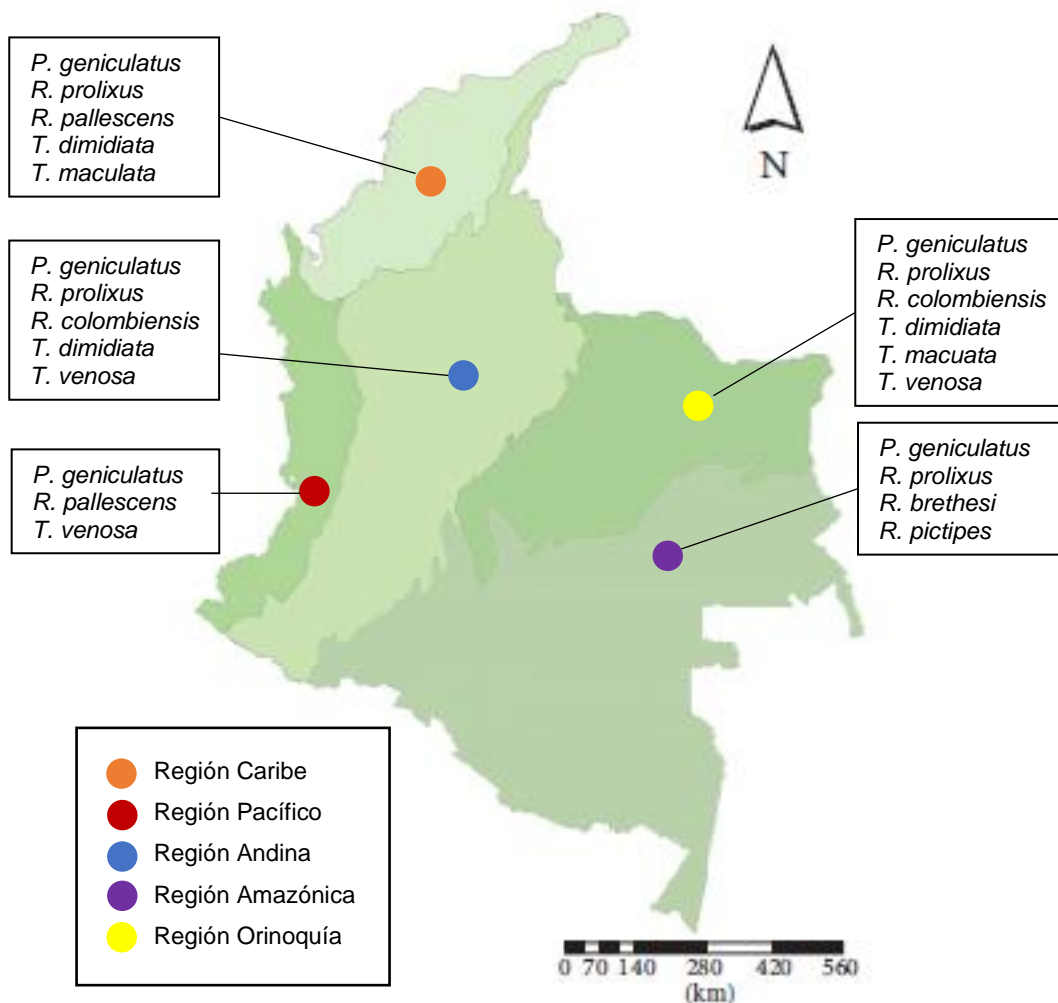
Fuente: Adaptado de Justi & Galvao, 2016; Rosa et al., 2017.

**2.2.2** Distribución geográfica de los triatominos. Los insectos triatominos son organismos que presentan su centro de diversidad en las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio occidental, entre las latitudes 42° N y 46° S, desde el sur de los Estados Unidos hasta el sur de Argentina (Diniz-Filho, Ceccarelli, Hasperué, & Rabinovich, 2013; Lent & Wygodzinsky, 1979). La tribu Triatomini es la única que se encuentra en el hemisferio oriental, representada por el complejo rubrofasciata, el cual está conformado por *Triatoma rubrofasciata* presente en todas las áreas portuarias del trópico (tropicopolita), más seis especies en el este de Asia y el género *Linshcosteus* spp., conformado por seis especies en varias regiones de la India (Schofield & Galvao, 2009). La distribución geográfica depende de las características de la especie, algunas pueden tener amplia distribución longitudinal y altitudinal, como es el caso de *Panstrongylus geniculatus* que se encuentra desde el sur de México hasta el norte de Argentina o *Triatoma infestans* que se encuentra desde los 0 a los 4.100 msnm; mientras que otras pueden estar restringidas a pequeñas regiones como *Triatoma obscura* que solo se encuentra en Mandeville, Jamaica (Carcavallo et al., 1998c).

En Colombia se han reportado 26 especies de triatominos distribuidos en 31 departamentos (*Belminus ferroae*, *B. rugulosus*, *B. herreri*, *Cavernicola pilosa*, *Eratyrus cuspidatus*, *E. mucronatus*, *Microtriatoma trinidadensis*, *Panstrongylus arthuri*, *P. geniculatus*, *P. humeralis*, *P. lignarius*, *P. rufotuberculatus*, *Psammolestes arthuri*, *Rhodnius brethesi*, *R. colombiensis*, *R. dalessandroi*, *R. neivai*, *R. pallescens*, *R. pictipes*, *R. prolixus*, *R. robustus*, *Triatoma dimidiata*, *T. dispar*, *T. maculata*, *T. nigromaculata* y *T. venosa*), de las cuales 15 se han reportado con infección natural de *T. cruzi* (Guhl et al., 2007; Parra et al., 2015). El estudio y seguimiento de la distribución geográfica de las especies en Colombia ha recaído sobre aquellas con importancia epidemiológica, se sabe que en las cinco regiones biogeográficas del área continental colombiana hay presencia de triatominos potencialmente vectores, basado en sus niveles de infección natural y capacidad de adaptación a ambientes artificiales (Figura 3). Parra, Suárez & Gonzales (2016), han avanzado significativamente en el control y vigilancia de los vectores con la implementación de Sistemas de Información Geográfico (SIG), los cuales han permitido la elaboración de mapas predictivos de la distribución potencial de

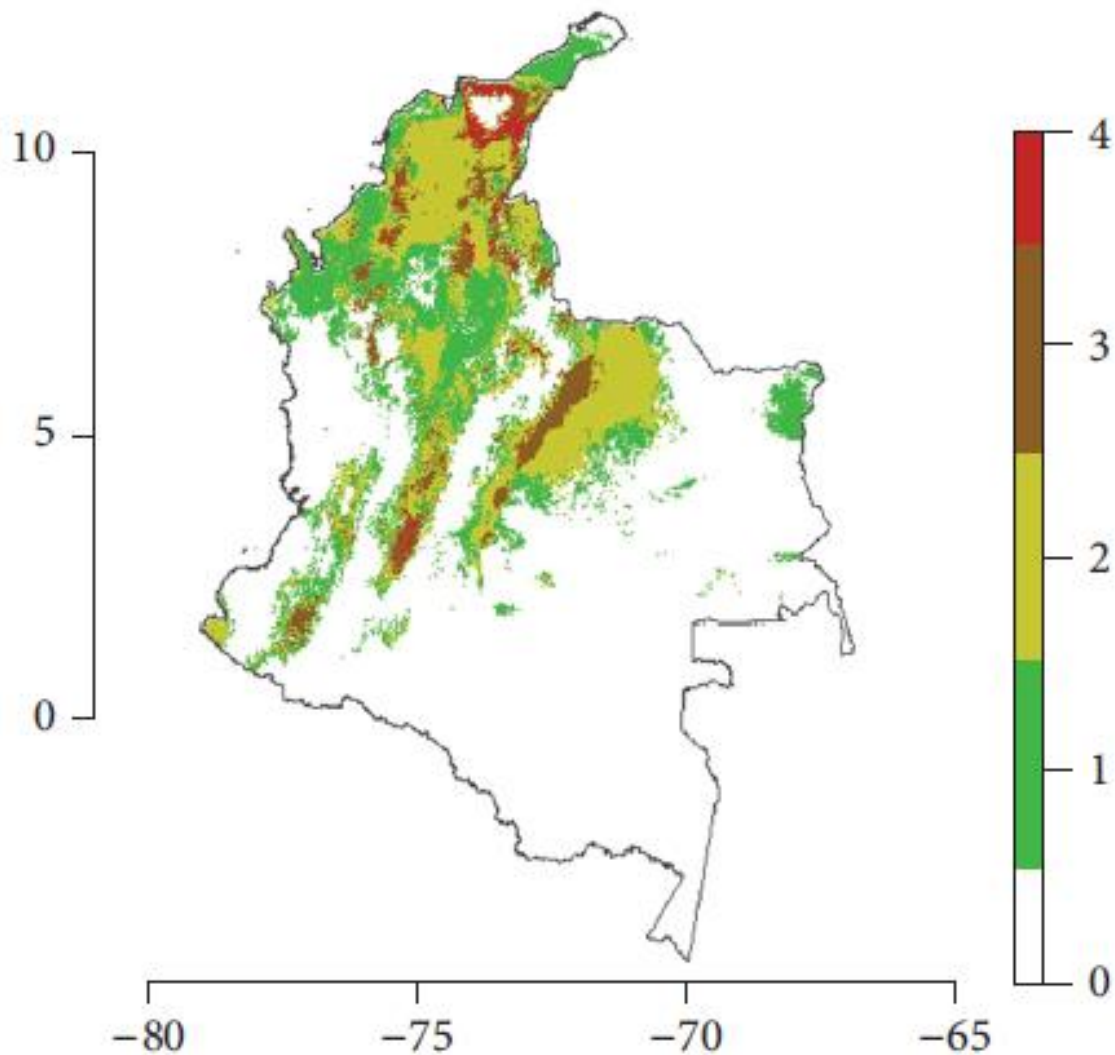
*Panstrongylus geniculatus*, *Rhodnius pallescens*, *R. prolixus* y *Triatoma maculata*, de manera particular y combinada a través de la modelación de nichos ecológicos (ENM) (Figura 4), y señalan la preferencia de *P. geniculatus* ampliamente distribuido en Colombia.

**Figura 3.** Distribución de los principales triatominos asociados al hábitat humano según las zonas biogeográficas de Colombia.



Fuente: Adaptado de Gulh et al., 2007; Meneses, 2016; Parra et al., 2015.

**Figura 4.** Mapa combinado de la diversidad para las especies de *Panstrongylus geniculatus*, *Rhodnius pallescens*, *Rhodnius prolixus* y *Triatoma maculata* en Colombia. La escala de color muestra lo siguiente: blanco, 0 especie; verde, 1 especie; verde claro, 2 especies; marrón, 3 especies; y rojo, 4 especies.

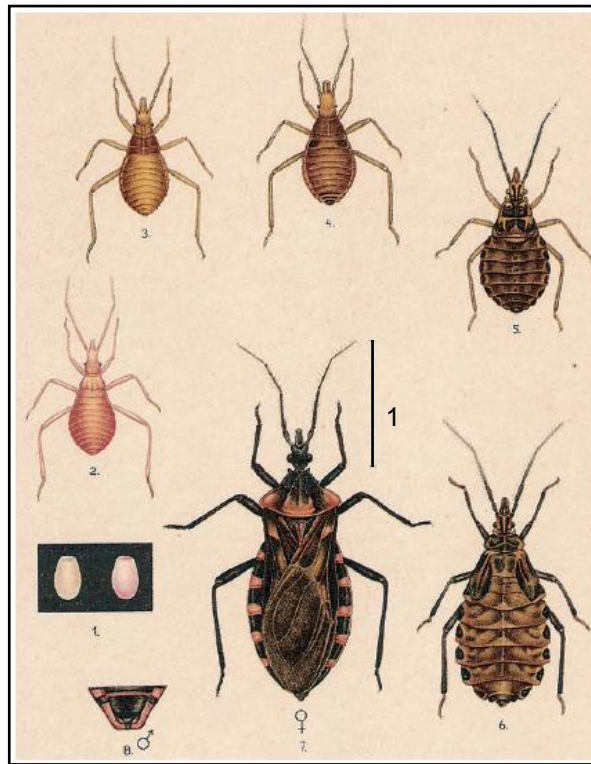


Fuente: Tomado de Parra, Suarez & Gonzales, 2016.

**2.2.3 Biología de triatominos.** Los insectos triatominos tienen desarrollo hemimetábolo, presentan 5 estadios ninfales antes de emerger el adulto o imago (Figura 5). La mayoría son hematófagos estrictos y se alimentan vorazmente de mamíferos o de aves (Lent & Wygodzinsky, 1979), aunque se ha reportado la alimentación sobre reptiles y anfibios

(Carcavallo et al., 1998a). A pesar de que se definen como reducidos hematófagos de carácter estricto, no todas las especies están obligadas a consumir sangre, en contraste, algunos autores han reportado especies que presentan hábitos hemolinfáticos (depredadores), coprofágicos y cleptohematofágicos (Jurberg & Galvao, 2006; Schofield & Galvao, 2009), sin embargo, generalmente su ciclo de vida está ligado a una monodieta sanguínea con abundante ingestión, seguida de largos periodos de ayuno (Lent & Wygodzinsky, 1979; Castillo & Wolff, 2000). La mayoría de las veces salen a buscar alimento en la noche mientras que en el día permanecen en sus lugares de descanso (Lent & Wygodzinsky, 1979; Jurberg & Galvao, 2006), tardan entre 10 y 20 minutos para alimentarse totalmente y la cantidad de sangre ingerida depende de la especie, aunque el volumen que ingieren las ninfas puede llegar a ser 8 veces su peso corporal y el de los adultos de 2 a 4 veces (Castillo & Wolff, 2000; Arévalo et al., 2007). De acuerdo con los estudios de Buxton (1930), hace casi un siglo se estableció la importancia que constituye la sangre en el desarrollo de los triatominos, por ejemplo, si no ingieren la cantidad necesaria de sangre, no se puede llevar a cabo procesos fundamentales como la muda o ecdisis, en este sentido, Arevalo et al., (2007) observaron al comparar los ciclos de vida de *Rhodnius colombiensis* y *R. prolixus* que ningún estadio ninfal pudo desarrollarse al siguiente, sin haber antes ingerido por lo menos una vez sangre. Mientras que Chiang & Chiang (2016), explican los mecanismos fisiológicos que desencadena la sangre en la producción de huevos, por lo que es raro que una hembra no alimentada los produzca. Las hembras pueden producir huevos sin haber copulado, la producción comienza alrededor del 3-4 día después de la alimentación y continua hasta que toda la sangre se consume (Jurberg & Galvao, 2006). Cuando se presenta copula la oviposura comienza entre los siguientes 10-20 días y/o a los 3-4 días después de la alimentación, pueden llegar a producir 30-50 huevos durante las siguientes 2-3 semanas, y cada hembra puede depositar entre 100 y 600 huevos durante su vida adulta (3-4 meses), dependiendo de la especie y de factores externos como la fuente y disponibilidad de alimentos, la temperatura y la humedad relativa (Castillo & Wolff, 2000; Chiang & Chiang, 2016). El ciclo de vida de los triatominos puede durar de 4 meses hasta 1 año o más, dependiendo de la especie, la fuente y disponibilidad de alimento, la temperatura y la humedad relativa (Noireau & Dujardin, 2010).

**Figura 5.** Estadios de desarrollo (huevos, ninfas y adulto) de la hembra de *Panstrongylus megistus* (Burmeister, 1835).



Fuente: Tomado de Jurberg & Galvao, 2006.

De acuerdo con Lent & Wygodzinsky (1979), los hábitats que ocupan los triatominos son variados y se pueden dividir en silvestres (como en inmediaciones de refugios, madrigueras y nidos de animales como marsupiales, edentados, roedores, carnívoros, quirópteros y aves; entre rocas, paredes de piedra, cuevas y cavernas; y en troncos caídos, arboles huecos, raíces expuestas, corteza suelta, hojas de palma y brómelias epifitas), peridomiciliarios (como gallineros, porquerizas y establos) y los domiciliados, que han desarrollado la capacidad de establecerse en ambientes artificiales, por lo que en el pasado han tenido importancia epidemiológica representando en algunas regiones la fuente de trasmisión de la enfermedad, sin embargo, en la actualidad los vectores no domiciliados cada vez tienen mayor importancia, por estar involucrados en casos de transmisión oral por contaminación de alimentos.

**2.2.4** Descripción morfológica de los triatominos. Se debe comenzar haciendo mención de los caracteres morfológicos de los animales invertebrados denominados artrópodos, debido a que en este grupo están ubicados los insectos triatominos.

**2.2.4.1** El filo Artropoda. Es el más diverso de los metazoos con más de un millón de especies descritas que incluyen entre otros grupos, a las arañas, miriápodos, crustáceos e insectos (Brusca & Brusca, 2005; Ribera, Melic & Torralba, 2015). Se caracteriza por tener el cuerpo segmentado, el cual está recubierto por un exosqueleto articulado compuesto de quitina, unido a apéndices articulados por medio de membranas (Brusca & Brusca, 2005). Los artrópodos presentan dos tipos de desarrollo: por un lado, está el hemimetábolo que consiste en organismos que mantienen la apariencia desde el estado juvenil hasta el adulto, dándose crecimiento solo mediante mudas, y por otro está el holometábolo, que consiste en organismos que tienen varias transformaciones drásticas desde el estado juvenil al adulto, denominadas metamorfosis.

**2.2.4.2** La clase Insecta. Se caracteriza por presentar el cuerpo dividido en tres regiones diferenciadas (cabeza, tórax y abdomen) y presentar en la mayoría de las veces un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas (Brusca & Brusca, 2005). La cabeza posee la función sensorial, allí se encuentran alojadas estructuras como las antenas, los ocelos y el aparato masticador. Por su parte, el tórax está dividido en 3 regiones (protórax, mesotórax y metatórax), las cuales presentan un par de patas cada una y en la mayoría de los casos las alas se originan en el mesotorax. Mientras que el abdomen, puede presentar hasta 11 segmentos y en la región posterior de éste se encuentra la genitalia (Toro, Chiapa & Tobar, 2003).

**2.2.4.3** El orden Hemiptera. Se han descrito alrededor de 82.000 especies de hábitos alimenticios que van desde la fitófagia hasta la depredación, incluyendo ectoparasitismo y hematofagia (Forero, 2008). De acuerdo con las últimas revisiones taxonómicas los hemipteranos son un clado monofilético que se divide en 5 subórdenes: Heteroptera, Cicadomorpha, Fulgoromorpha, Coleorrhyncha y Sternorrhyncha (Goula & Mata, 2015; Pérez, Mier & Umanan, 2015), caracterizados morfológicamente por la estructura del

aparato bucal, el cual esta conformado por apéndices modificados para el hábito alimenticio perforador-chupador; posee mandíbulas modificadas que forman estiletes concéntricos, el labio laminado multisegmentado generalmente en cuatro, cubre los estilos inferiores y maxilares, mientras que los palpi maxilar y labial siempre están ausentes (Forero, 2008). En términos generales el cuerpo es achatado dorsoventralmente y tiene apéndices locomotores en la región del tórax: 2 pares de alas denominadas hemielitros (un par anterior formado por una parte basal coriácea y una distal membranosa, y un segundo par de totalmente membranoso) y 3 pares de patas.

**2.2.4.4** El suborden Heteroptera. Está conformado por organismos hemimetábolos que tienen la capacidad de ocupar hábitats drásticamente distintos, sin embargo, sobre la base de estudios filogenéticos se ha establecido que, el suborden constituye un clado monofilético altamente diversificado, el cual alcanza las 40.000 especies registradas a nivel mundial, agrupados en 7 infraordenes, 24 superfamilias, 89 familias y 5.819 géneros (Henry, 2009). Con relación a su morfología se pueden observar tres caracteres morfológicos únicos: i) piezas bucales alargadas que forman un estilete, insertado en la parte anterior de la cabeza, ii) glándulas odoríferas pares, ubicadas en el abdomen (ninfas) o en el metatórax (adultos), y iii) antenas de cuatro artejos, que en ocasiones puede presentar dos escleritos intercalados (Goula & Mata, 2015).

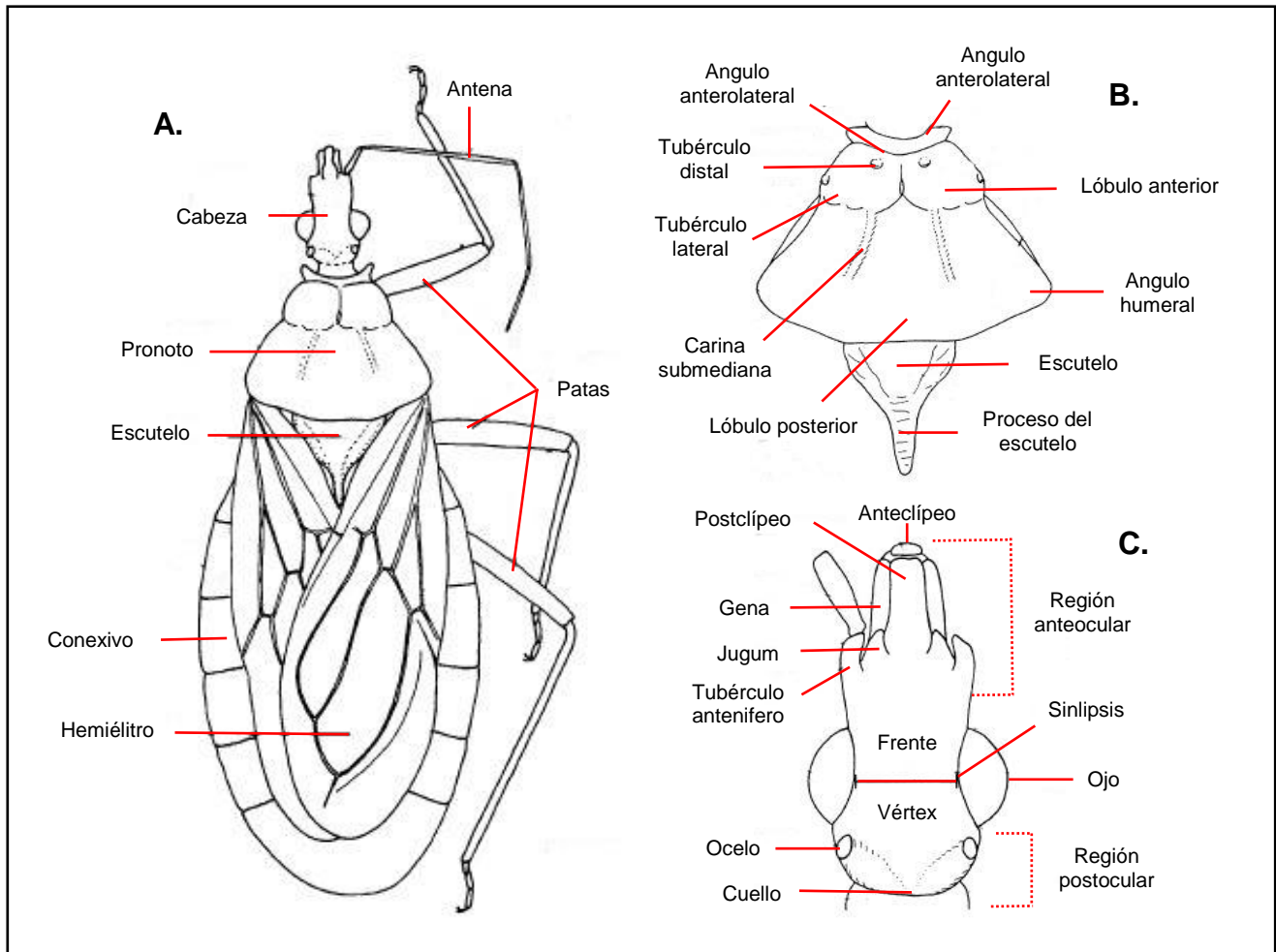
**2.2.4.5** La familia Reduviidae. Conocidos como insectos asesinos por sus hábitos alimenticios predadores, se consideran un clado monofilético que está presente en todo el planeta, siendo más diverso a la altura de los trópicos del viejo y del nuevo mundo (Weirauch & Munro, 2009; Hwang & Weirauch, 2012; Weirauch et al., 2014). Esta familia es una de las que posee mayor diversidad en los insectos y la tercera más grande dentro del orden Hemiptera, con aproximadamente 7.000 especies descritas agrupadas en 25 subfamilias (Weirauch et al., 2014). De acuerdo con Lent & Wygodzinsky (1979), los insectos Reduviidos se pueden diferenciar del resto por la combinación de 4 caracteres simples como: i) un cuello distinto, ii) un surco estridulatorio sobre la cara posterior del prosternum, iii) un hemielitro donde la parte membranosa presenta dos células alargadas y simples, y iv) la presencia de un pico corto, grueso y trisegmentado.



**2.2.4.6** La subfamilia Triatominae. Se diferencia principalmente de los miembros de la familia Reduviidae por la forma recta del pico, especializada para la hematofagia. El estudio de los caracteres morfológicos externos de los individuos de la subfamilia (Figura 6, 7, 8, 9) fueron descritos en detalle por Lent & Wygodzinsky (1979), 20 años después se actualizaron las descripciones con imágenes de microscopía electrónica aportadas en Carcavallo et al., (1998d), Dujardin et al., (2002) hacen un resumen de los principales caracteres morfológicos que distinguen a todo individuo de la subfamilia, Bargues, Schofield & Dujardin (2010), hacen mención de aquellas estructuras morfológicas exclusivas para la hematofagia y Weirauch et al., (2014) aportan una clave taxonómica ilustrada con fotografías de las especies, para la identificación de las subfamilias de la familia Reduviidae.

Sobre la base de los estudios anteriormente citados, se ha reconocido que la morfología externa de los organismos puede ser estudiada completamente a partir del plano ventral, dorsal y lateral. Desde la vista ventral se puede distinguir que el cuerpo de los triatominos está dividido en tres regiones diferenciadas (cabeza, tórax y abdomen); desde la vista dorsal se puede apreciar la cabeza (clípeo, ojos compuestos), los hemiélitros y el conexivo; mientras que desde la vista lateral se distinguen las coxas, el pro, meso y metapleuron (Figura 6A y B, 7A y B) (Lent & Wygodzinsky, 1979).

**Figura 6.** Morfología externa de un triatomino. A. vista dorsal del cuerpo. B. vista dorsal del pronotum. C. vista dorsal de la cabeza.

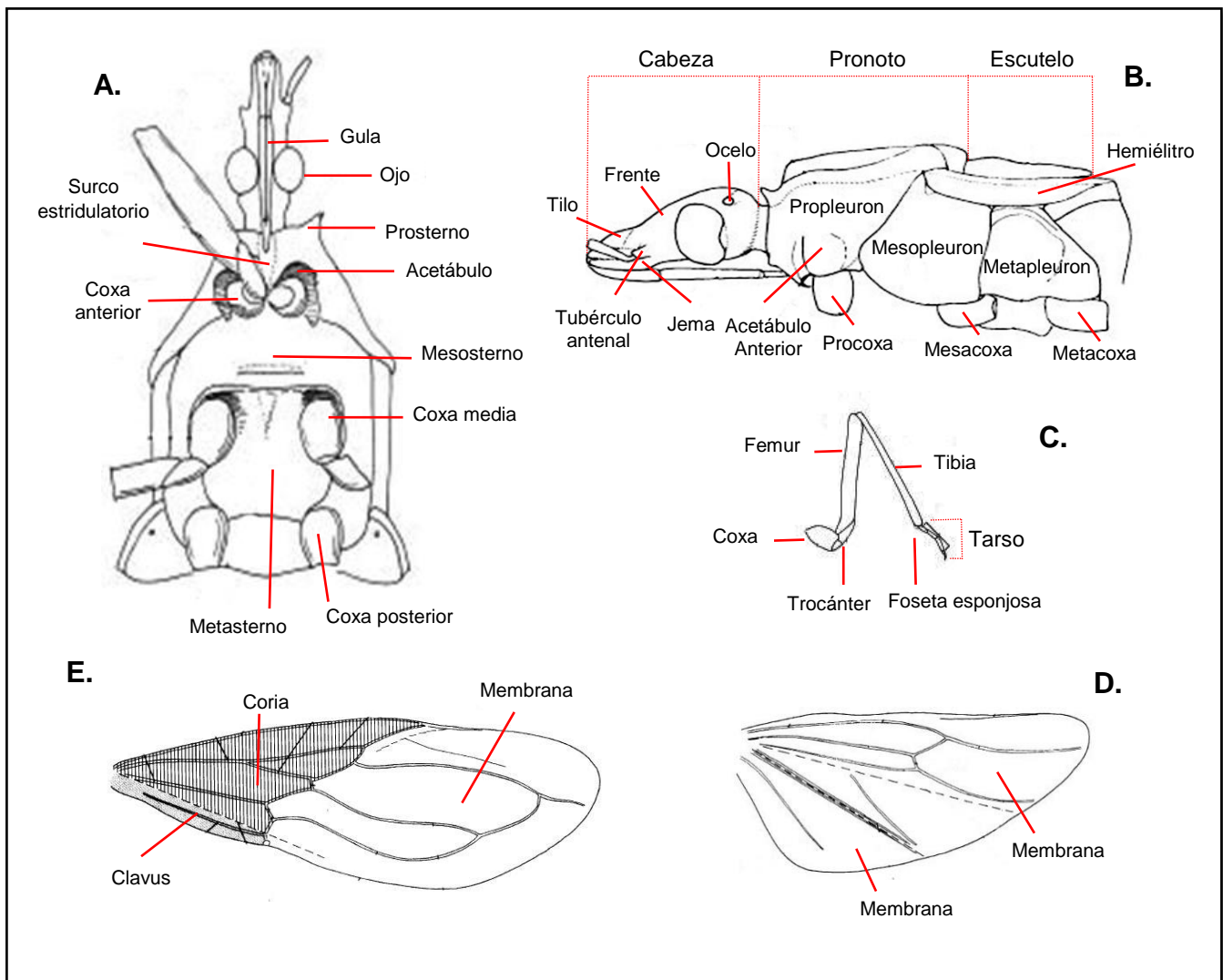


Fuente: Adaptado de Lent & Wygodzinsky, 1979.

La cabeza varía en forma según el taxón, sin embargo, se ha identificado que generalmente es estrecha, dos veces más larga que ancha y de forma cilíndrica o subcilíndrica, ovoide o más o menos cónica, con un eje longitudinal que suele ser recto; a partir de estas diferencias se pueden identificar la mayoría de las tribus, así como ciertos géneros y especies (Dujardin et al., 2002). El ápice de la cabeza comienza con la estructura denominada clípeo y termina en un cuello cilíndrico de superficie lisa y brillante que une la cabeza y el tórax (Figura 6C), desde la vista dorsal, en el área ante y

postocular se pueden presentar setas o gránulos, y la densidad, forma y tamaño dependen del taxón (Galindez et al., 1998).

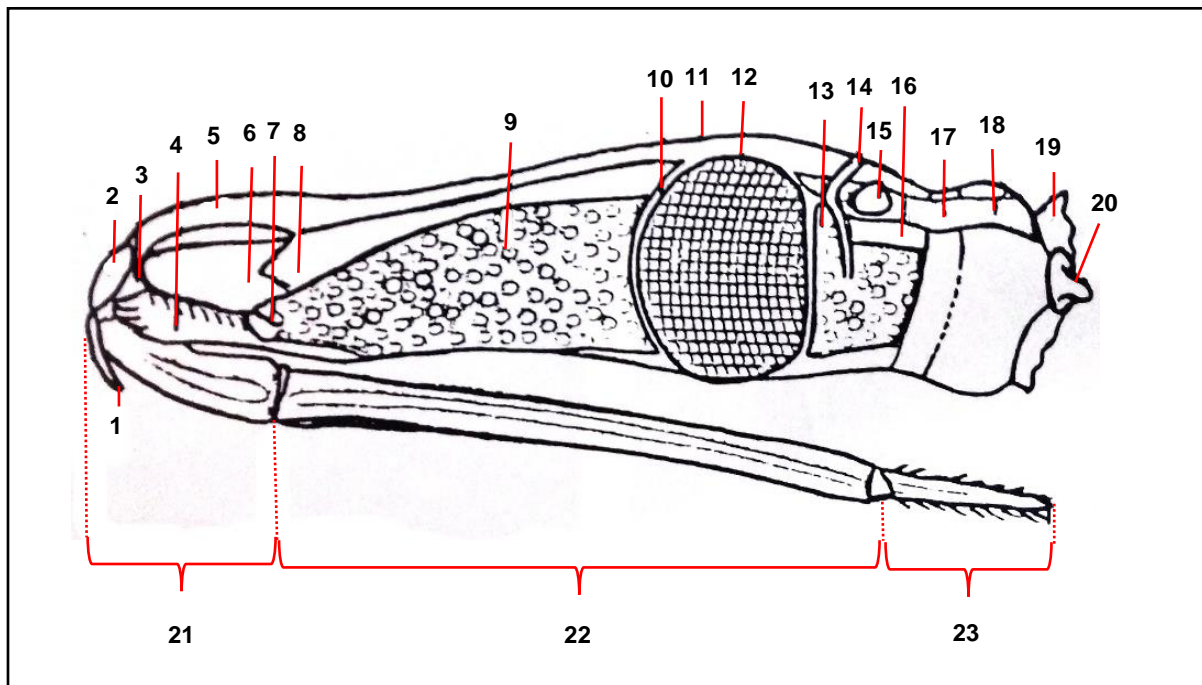
**Figura 7.** Vista ventral y lateral de la región anterior y media de un triatomino. A. Vista ventral de la cabeza y el tórax. B. Vista lateral de la cabeza y el tórax. C. Pata delantera. D. Ala posterior. E. Ala anterior (Hemiélitro).



Fuente: Adaptado de Lent & Wygodzinsky, 1979.

La bóveda cefálica tiene funciones sensoriales, pues en ella se alojan estructuras como el aparato bucal, las antenas, los ojos compuestos y los ocelos. El rostrum de los triatominos se distingue por la modificación de los apéndices para permitir al habito hematófago, como la presencia de un pico trisegmentado flexible (separados por membrana), y un estilete recto, afilado y puntiagudo (Figura 8) (Bargues et al., 2010; Galindez et al., 1998; Lent & Wygodzinsky, 1979; Schofield & Galvao, 2009).

**Figura 8.** Vista lateral de la cabeza de un triatmino: 1. Labrum. 2. Anteclipeo. 3. Membrana articular. 4. búcula. 5. Postclipeco. 6. Placa maxilar. 7. Tubérculo antenífero. 8. Jugum. 9. Jena. 10. Sutura ocular. 11. Sinlipsis. 12. Ojo compuesto. 13. Callosidad. 14. Surco postocular. 15. Ocelo. 16. Vértice. 17. Cuello. 18. Occipucio. 19. Collar. 20. Cóndilo occipital. 21, 22, 23: 1°, 2° y 3° segmento del rostro.



Fuente: Tomado de Galindéz et al., 1998.

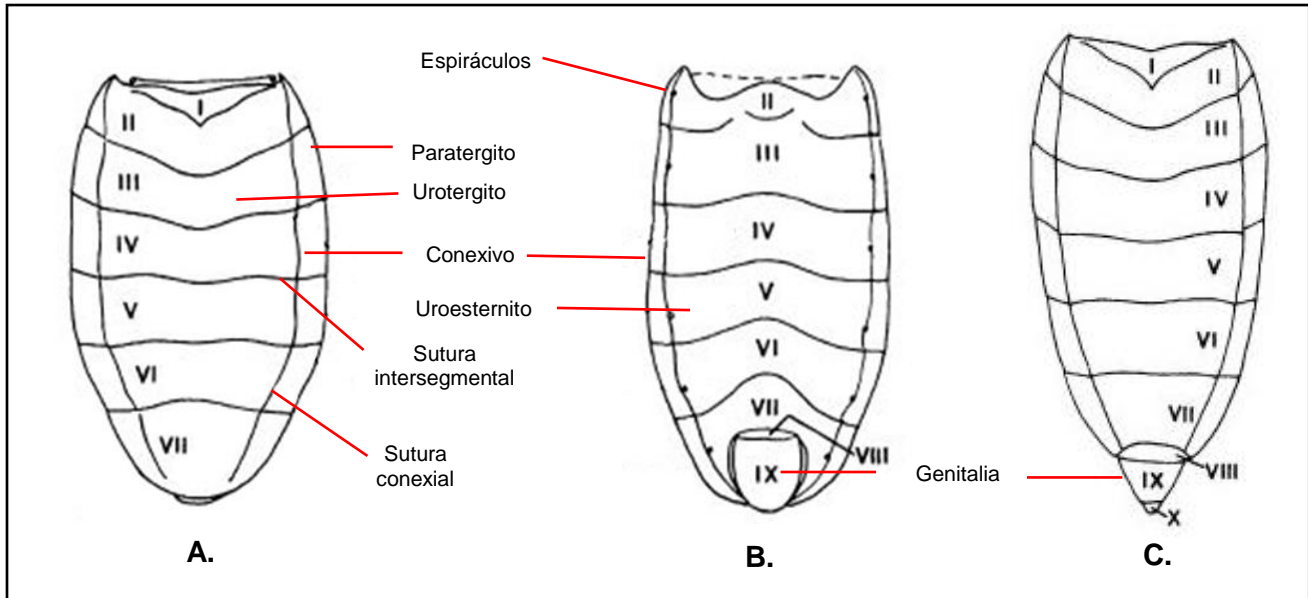
Detrás del cuello está el tórax, el cual se encuentra dividido en tres regiones (protórax, mesotórax y metatórax); la zona dorsal se conoce como notum, la zona lateral como pleura, y la zona ventral como el esternón. El tórax es conocido como el tagma locomotor

pues en él se encuentran los apéndices especializados para el movimiento (Figura 7C, D y E), desde la vista ventral se observa cómo se unen al cuerpo en unas estructuras denominadas coxas 3 pares de patas, 1 por cada región torácica, y desde la vista dorsal se observa cómo emergen dos pares de alas generalmente del mesotórax (Figura 7A y B) (Lent & Wygodzinsky, 1979).

El Abdomen o región posterior del cuerpo puede tener forma convexa o plana, el cual se compone de 11 segmentos denominados escleritos, numerados de I a XI de proximal a distal (Figura 9). Cada segmento se subdivide en una parte dorsal (el urotergito) y una parte ventral (el urosternito); el segmento I tiene forma y tamaño diferente a los demás, pues conecta el abdomen con el metatarso, mientras que los segmentos distales se convierten en los genitales externos de los machos adultos (Galindez et al., 1998).

De manera general, los adultos difieren de las ninfas por la presencia de ocelos, genitalia visible, alas bien desarrolladas y coloración diferente (Jurberg & Galvao, 2006). En estadio adulto se advierte dimorfismo sexual, las hembras son de mayor tamaño y presentan el ápice abdominal de forma triangular o truncado, mientras que en los machos el ápice es redondeado (figuras 15B y C) (Aldana et al., 2011; Jurberg & Galvao, 2006). La longitud de la mayoría de las especies suele estar entre 20 a 28 mm y el color varía entre: negro y patrones manchados de amarillo, marrón, naranja o rojo; y tonalidades de café con patrones de manchas más oscuras o claras (Jurberg et al., 2004).

**Figura 9.** Morfología abdominal de un triatomino. A. Vista dorsal del abdomen de un macho. B. Vista ventral del abdomen de un macho. C. Vista dorsal del abdomen de una hembra.

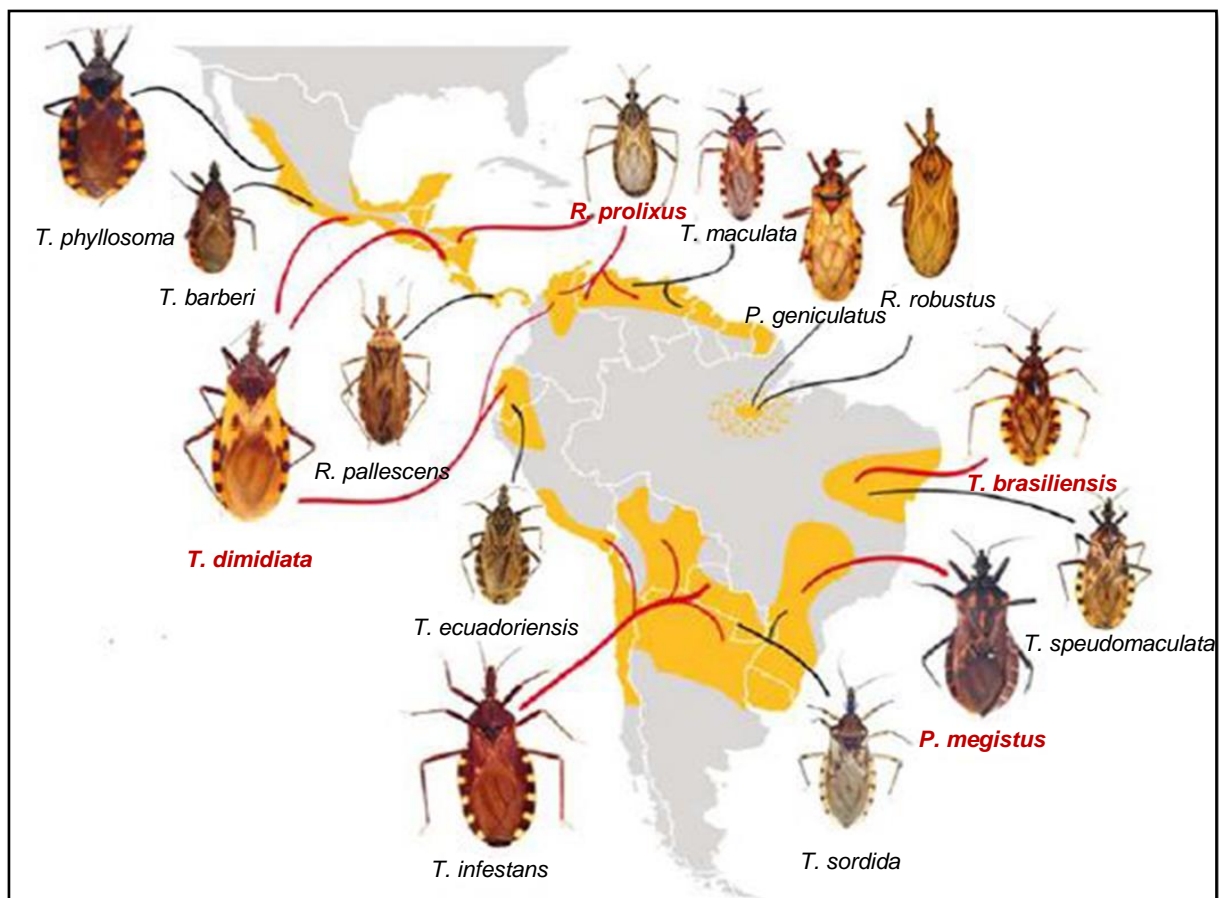


Fuente: Adaptado de Lent & Wygodzinsky, 1979.

**2.2.5 Importancia epidemiológica.** La enfermedad de Chagas es una infección que en las áreas endémicas es transmitida principalmente por vía vectorial (OMS, 2010). A pesar de que se ha demostrado que todas las especies de triatomíneos son vectores potenciales de *Trypanosoma cruzi*, solo unas pocas despiertan interés por su importancia epidemiológica. De acuerdo con Lent & Wygodzinsky (1979), existen ciertas condiciones que transforman a una especie, de vector potencial a vector efectivo de la enfermedad de Chagas, entre ellas: i) adaptación a la vida en las viviendas humanas, ii) alto grado de antropofilia, iii) corto lapso entre la alimentación y la defecación y iv) amplia distribución geográfica. Los géneros con mayor importancia epidemiológica en América Latina son *Panstrongylus* spp., *Rhodnius* spp. y *Triatoma* spp. (Stevens et al., 2011), de los cuales se han establecido 14 especies con importancia epidemiológica (*P. geniculatus*, *P. megistus*, *Rhodnius pallescens*, *R. prolixus*, *R. robustus*, *Triatoma berberi*, *T. phyllosoma*, *T. dimidiata*, *T. ecuadoriensis*, *T. infestans*, *T. sordida*, *T.*

*speudomaculata*, *T. brasiliensis*, *T. maculata*), distribuidas desde México hasta Argentina (Figura 10). Sin embargo, solo 5 especies están consideradas como vectores primarios (*Rhodnius prolixus*, *Triatoma brasiliensis*, *T. dimidiata*, *T. infestans* y *T. sordida*) (Guhl, 2017).

**Figura 10.** Mapa de las regiones endémicas de Chagas de América Central y del Sur mostrando respectivas asociaciones con las 14 especies de vectores más importantes. Las 5 especies más importantes y sus regiones asociadas se indican en rojo.



Fuente: Tomado de Guhl, 2017.

De acuerdo con Moncayo & Silveira (2017), cabe señalar que la prevalencia, morbilidad y mortalidad de la enfermedad, varía constantemente como consecuencia del impacto de los programas de control, la migración de personas y los cambios en las condiciones



socioeconómicas de la población. En la actualidad, existen datos que demuestran cómo ha disminuido la frecuencia de nuevos casos en la última década, producto de la vigilancia y el control de vectores, sin embargo, a pesar de los esfuerzos para disminuir la prevalencia, aún se está lejos de reducir significativamente los índices de infección. Con relación a Colombia, Parra et al., (2015) manifestaron que el 40% del territorio se encuentra en zona endémica de transmisión, y de acuerdo con la OMS (2015), se calcula que hay cerca de 438.000 personas infectadas y 4,85 millones se encuentran en riesgo de infección.

### **2.3 GENERALIDADES DE LA ESPECIE *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811)**

La actual importancia epidemiológica de *P. geniculatus* como vector de la enfermedad de Chagas es manifiesta, debido a lo siguiente: es una especie que presenta amplia distribución geográfica, se ha reportado casos sobre infestación y capacidad de colonización de ecotopos artificiales, altos niveles de infección natural con *Trypanosma cruzi*, significativa apetencia por la sangre humana, y en los últimos años se ha relacionado con brotes por transmisión oral. Conforme a lo anterior, la especie no solo se considera un vector potencial sino, un vector efectivo de la enfermedad de acuerdo con los criterios de Lent & Wygodzinsky (1979).

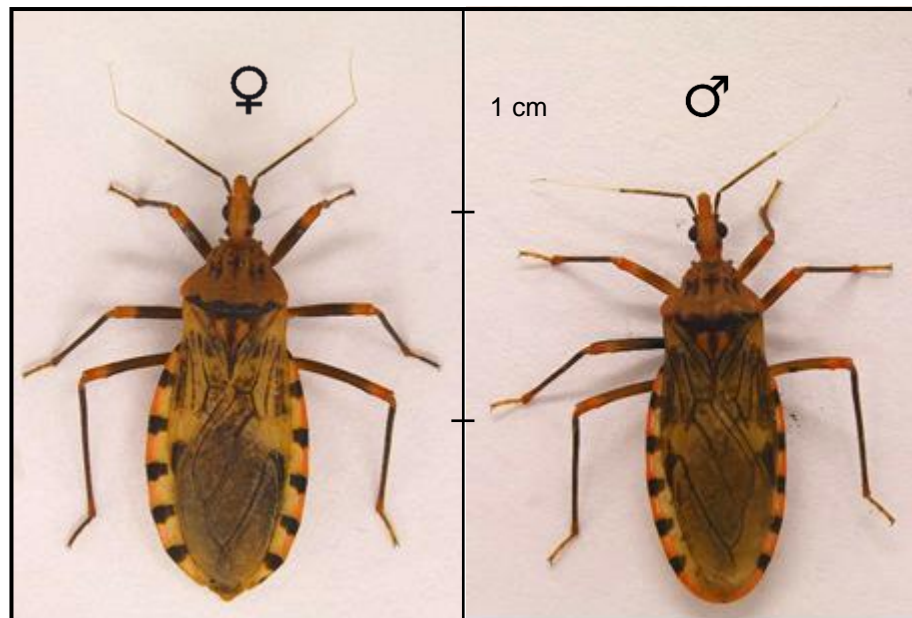
*P. geniculatus* es una de las 15 especies que se han descrito como pertenecientes al género *Panstrongylus* spp., de las cuales 1 es fósil y 14 existentes (Justi & Galvao, 2016). Con relación a su aspecto físico se puede mencionar que el macho presenta una longitud que varía de 22 a 28 mm, mientras que la hembra de 22,5 a 29,5 mm. Su coloración general es de anaranjado a marrón claro; el conexivo expone dos regiones de color intercaladas, una plana de color negro y otra degradé, que va de anaranjado en el borde a ocre en el interior, y presenta manchas negras en varias partes del cuerpo, con alta variabilidad cromática en la cabeza, tórax y piernas (Figura 11) (Jurberg et al., 2004).

Desde finales de la década de los setenta autores como Lent & Wygodzinsky (1979), llamaban la atención sobre la alta variabilidad fenotípica en talla y patrones cromáticos



al comparar poblaciones de *P. geniculatus* procedentes de diferentes países, lo cual los condujo a sugerir que podrían existir varias razas geográficas. En la actualidad, se sabe que además de variabilidad fenotípica la especie presenta alta variabilidad genotípica, Marcilla et al., (2002) indicaron que la región ITS-2 de su ADNr muestra amplia variabilidad interespecífica, así mismo Crossa et al., (2002) observaron que las características de su cariotipo, exhiben un gran polimorfismo en las bandas heterocromáticas de ejemplares procedentes de distintas localidades de Colombia y Brasil.

**Figura 11.** Dimensiones del estadio adulto (hembra y macho) de *Panstrongylus geniculatus* en condiciones de laboratorio.



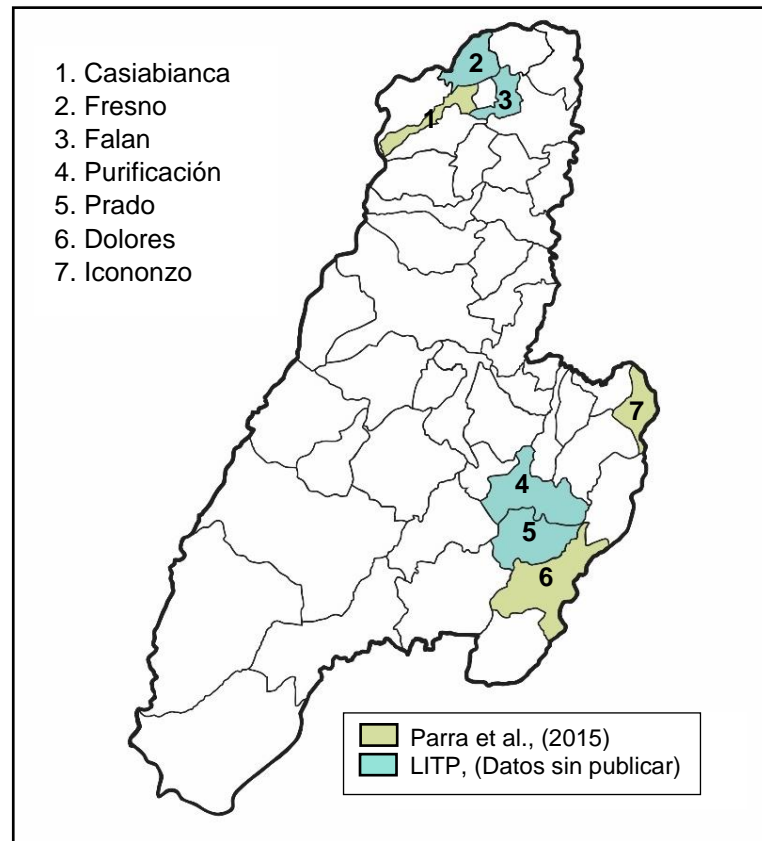
Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

De las 15 especies que conforman el género, *P. geniculatus* es la que presenta mayor distribución geográfica (Justi & Galvao, 2016; Patterson et al., 2009), de acuerdo con el mapa aportado por Carcavallo et al., (1998c) se encuentra exclusivamente en América Latina entre 21,1° N, 30,3° S, 38,8° E y 94,9° W, cubriendo una extensión estimada de 12 millones de Km<sup>2</sup>. A la fecha se ha reportado presencia en 18 países (Argentina,

Bolivia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Guyana Británica, Guyana Francesa, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela), es decir, distribución ininterrumpida desde México hasta Argentina.

En Colombia, este vector se encuentra ampliamente distribuido en el territorio, basado en los estudios de Guhl et al., (2007) y Parra et al., (2015) se conocen reportes de su presencia en 28 departamentos (Amazonas, Antioquia, Arauca, Atlántico, Bolívar, Boyacá, Caquetá, Casanare, Cauca, Cesar, Chocó, Córdoba, Cundinamarca, Guainía, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Putumayo, Risaralda, Santander, Tolima, Sucre, Valle del Cauca, Vaupés y Vichada); de acuerdo con Parra et al., (2015) en el departamento del Tolima *P. geniculatus* se ha reportado en 4 municipios: Falan, Fresno, Purificación y Prado, sin embargo, el LITP (Laboratorio de Investigación en Parasitología Tropical) ha registrado presencia en los municipios de: Casabianca, Fresno, Falan, Purificación, Prado, Dolores, e Icononzo (Figura 12) (Datos sin publicar).

**Figura 12.** Distribución de *Panstrongylus geniculatus* en el departamento del Tolima.



Fuente: Autor

Comúnmente se ha considerado que *P. geniculatus* es una especie de hábitats silvestres (Lent & Wygodzinsky, 1979), que se caracteriza por ocupar entornos extremadamente variables; se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 2.000 msnm (en la cordillera colombiana y venezolana), en lugares donde la temperatura media anual (mínima y máxima) oscila entre -3,9 y 34,3°C y tolerando precipitaciones de 9.000 mm/año a casi nula. Los ecotopos naturales pueden ir desde el bosque tropical seco o muy seco, pasando por la sabana y el bosque tropical húmedo (Patterson et al., 2009; Carcavallo et al., 1998b), en donde se le puede encontrar en cavernas, cuevas y madrigueras principalmente asociada con armadillos (Dasypodidae), osos hormigueros,

murciélagos, y una amplia variedad de vertebrados; también debajo de cortezas, troncos y árboles caídos o cerca de los nidos de las aves en varias palmeras y epifitas (Carcavallo et al., 1998a; Lent & Wygodzinsky, 1979; Reyes, 2009). Igualmente, se debe añadir que de gran interés ha resultado el hallazgo que realizó Garrouste (2009), al identificar conductas hemolinfáticas de *P. geniculatus* sobre mariposas en la Guayana Francesa.

No obstante, en las últimas décadas se ha reportado infestación de ecotopos domésticos, en diferentes países como: Argentina, donde Damborsky, Bar & Oscherov (2001) reportaron que en la provincia de Corrientes entre los años 1985 y 1995, se capturaron 4 especies entre las que estaba *P. geniculatus*, infestando el domicilio y peridomicilio. En Bolivia, Depickere, Durán, López & Chávez (2011), evaluaron en el Valle de Charazani (La Paz) el grado de domiciliación de *P. rufotuberculatus* y su posible papel en la transmisión de la enfermedad de Chagas, sin embargo, durante las colectas encontraron 5 individuos de *P. geniculatus* infestando las viviendas en asociación con conejillos de indias, lo cual representa el 1,5% de los insectos colectados; Depickère, Durán, López, Martínez & Chávez (2012), informaron que en la región de Apolo se realizó un estudio entomológico y serológico para evaluar el proceso de domiciliación de *E. mucronatus*, en el cual se encontró que en 34 viviendas (23% de las viviendas visitadas), se recolectaron 160 triatomíneos pertenecientes a dos especies, *E. mucronatus* (98%) y *P. geniculatus* (2%), presentando esta última un adulto infectado naturalmente; Rojas et al., (2016) reportaron que en la región de Cochabamba, en el marco de la vigilancia entomológica con participación comunitaria desarrollada por el Ministerio de Salud de Bolivia, se encontró a *R. robustus* y *P. geniculatus* infestando viviendas, y se aisló *T. cruzi* (TcI y TcIII) en el tracto digestivo de *P. geniculatus*.

En Brasil, Lorosa, dos Santos & Jurberg (2008) reportaron que en el municipio de São Fidélis, Río de Janeiro, se capturaron cuatro ejemplares de *T. vitticeps* y uno de *P. geniculatus* en el intradomicilio, además, dos residentes (un adulto y una adolescente) presentaron serología positiva; Dias et al., (2016) analizaron la distribución geográfica de la infestación por triatomíneos en la urbanidad de Diamantina, en el estado de Minas Gerais, en total se recolectaron 140 adultos de cuatro especies, 100 *T. vitticeps*, 25 *P.*

*geniculatus*, 8 *P. megistus* y 7 *T. arthurneivai*. En total, el 87,9% se obtuvo dentro de los domicilios y se identificó niveles infección natural del 19.6% en 107 insectos revisados.

En Colombia, Angulo, Esteban & Luna (2012) quisieron comprobar la infestación de *R. prolixus* en las palmas (*Attalea butyracea*) próximas a viviendas en los Llanos Orientales, como resultado de las colectas se capturaron en el intradomicilio 132 individuos de *R. prolixus* y especímenes de *Ps. arthuri*, *C. pilosa*, *T. maculata*, *P. geniculatus* y *E. mucronatus*; Wolff, Castillo, Uribe & Arboleda (2001) reportaron que en 9 veredas del municipio de Amalfi, Antioquia, se evaluaron 640 domicilios y se capturaron 196 triatominos pertenecientes a las especies de *P. geniculatus* (49%), *P. rufotuberculatus* (47%), *T. dispar* (3%) y *R. pallescens* (0,5%); Reyes et al., (2017) reportan la presencia de individuos de *P. geniculatus* en domicilios y zonas cercanas a un barrio de Bucaramanga, Santander, con niveles de infección natural de 56% de *T. cruzi*, lo cual expone el riesgo de infección de las poblaciones que habitan viviendas urbanas, adyacentes a ecotopos donde se mantiene el ciclo silvestre.

En Venezuela, Carrasco et al., (2005) reportaron la presencia de *P. geniculatus* como un riesgo para la transmisión de la enfermedad de Chagas en Caracas, 88 individuos fueron capturados dentro de viviendas con niveles de infección que llegaban al 76%, y 60% de los individuos se habían alimentado con sangre humana; Reyes (2009), analizó la introducción de *P. geniculatus* en domicilios del centro-norte de Venezuela y lo relacionó con el macro y microambiente peri e intradomiciliario. Los resultados que obtuvo fueron que la presencia nocturna de *P. geniculatus* en el área domiciliaria se relaciona con: cobertura de vegetación < 21%, temperatura 24-26°C, humedad relativa 50 – 80%, número de animales/vivienda > 5 y número de personas más animales/vivienda ≥ 13, además el nivel de infección natural por *T. cruzi* estuvo entre 20% y 100%; Feliciangeli et al., (2004) identificaron la infestación mixta de *R. prolixus* y *P. geniculatus*, en una de las casas estudiadas encontraron ambas especies positivas para *T. cruzi*, al hacer revisión del contenido estomacal del individuo de *P. geniculatus* comprobaron que se había alimentado con sangre humana, asimismo, el 20% de los individuos de esta especie se encontraron con infección natural de *T. cruzi*.

En Perú, Cáceres et al., (2002) reportaron infestación durante los años 1995-2000, en el intra y peridomicilio de las viviendas en las provincias de San Ignacio y Jaén del estado de Cajamarca, y en las provincias de Bagua, Condorcanqui y Utcubamba del estado Amazonas, se capturaron 5.567 triatominos pertenecientes a cinco especies, entre las que se encontró a *P. geniculatus* en el intradomicilio.

Así mismo, se han reportado procesos de colonización intradomiciliar en países como: Brasil, donde Valente (1999) reportó que en el municipio de Muaná, identificó procesos de colonización asociados a cultivos de cerdos contiguos a las viviendas humanas, invasión de domicilios, ataques contra residentes y un índice del 16% de infección natural por *T. cruzi*; en Colombia, Wolff & Castillo (2000) reportaron colonias con niveles de infección del 50% en viviendas del municipio de Amalfi, Antioquia; y en Venezuela, Reyes (2000) reportó que en las casas revisadas encontró a *P. geniculatus* asociado a madrigueras de ratas (*Rattus ratus*), por lo que concluyó que la especie puede colonizar cualquier vivienda contemporánea, independientemente de la infraestructura.

Por otra parte, en varios países de América Latina ha aumentado la ocurrencia de casos de infección por transmisión oral, en las últimas 2 décadas este medio de transmisión paso de ser una forma rara e inusual, a una preocupación de salud pública que ha generado numerosos decesos (Nicholls et al., 2007; Rueda et al., 2014). Se han registrado brotes por contaminación oral en Bolivia (Santalla et al., 2011), Brasil (Dias et al., 2008; Pereira et al., 2009; Steindel et al., 2008), Colombia (Díaz & Gonzales, 2014; Ramírez et al., 2013; Ríos et al., 2011; Rueda et al., 2014; Soto et al., 2014) y Venezuela (Segovia et al., 2013; Benítez et al., 2013; Alarcón et al., 2015).

En Venezuela, han ocurrido los casos más grandes de transmisión del parásito por vía oral, siendo la fuente de infección generalmente la ingesta de jugos contaminados con heces. Se han reportado infecciones en la gran Caracas y en los estados de Vargas, Mérida, Falcón y Táchira, en donde *P. geniculatus* ha sido la especie relacionada con la mayoría de los brotes, ya que es la más abundante en dichas localidades, presenta elevados índices de infección por *T. cruzi* y se ha observado que defeca mientras regresa

al refugio después de alimentarse (Alarcón et al., 2015; Carrasco et al., 2005; 2012; 2014; Reyes, 2009).

En el año 2007 en una escuela del municipio de Chacao, Caracas, confirmaron la infección de 103 personas, de las cuales 19% necesitaron hospitalización y un menor falleció, la fuente de infección fue un jugo elaborado en la vivienda de un escolar, donde se capturaron individuos de *P. geniculatus* infectados con *T. cruzi*; en el año 2009 se presentó otro brote en un ambiente escolar, afectando a 82 personas de las cuales fallecieron tres niños y un adulto, nuevamente las evidencias indican que la fuente de infección haya sido jugo artesanal contaminado con heces de *P. geniculatus* (Alarcón et al., 2015).

En Colombia se han presentado varios casos de infección por transmisión oral en áreas con baja endemia y escasa presencia de vectores domiciliados, por lo que vectores silvestres como *P. geniculatus* toman importancia con relación a este mecanismo de infección. Ramírez et al., (2013) informaron que *P. geniculatus* puede estar asociado a brotes por transmisión oral en varios municipios de Colombia. El instituto Nacional de Salud (INS) realizó un estudio en el año 2016 sobre dos brotes por transmisión oral: el primero ocurrió en la vereda el Totumo, Casanare, afectando a 15 personas con la enfermedad aguda, incluyendo un caso letal, y el otro ocurrió en el municipio de Cumural, Meta, siendo en ambos casos señalado *P. geniculatus* como transmisor de la enfermedad (Datos sin publicar).

Con respecto a la capacidad de colonización que tiene la especie, Cabello & Galíndez (1998) estudiaron una cohorte en laboratorio donde obtuvieron un índice ro/b de 0,77, sin embargo, concluyeron que por ser una estrategia “K” con tasa de reproducción baja y un prolongado tiempo generacional, era poco probable que *P. geniculatus* pudiera representar importancia vectorial de la enfermedad a nivel domiciliario, lo cual no refleja la importancia epidemiológica actual, no obstante, Rabinovich & Feliciangeli (2015) estudiaron bajo condiciones de laboratorio las características de vida, los parámetros poblacionales y la capacidad colonizadora de *P. geniculatus*. Al comparar los resultados

que obtuvieron del índice ro/b (0,74), con 2 especies muy conocidas por su alta capacidad colonizadora *R. prolixus* (0,74) y *T. infestans* (0,65), concluyeron que la especie presenta notable capacidad colonizadora.

Conforme a lo anterior, *P. geniculatus* no es considerada actualmente una especie de hábitos exclusivamente silvestres, que rara vez infecta al hombre, ahora es considerada un vector efectivo de la enfermedad, y es la especie más relacionada con casos de transmisión oral (Alarcón et al., 2015), por ende, es necesario estudiar los efectos de la temperatura sobre el ciclo de vida de la especie, con lo cual se podrán trazar futuras estrategias de control en el nuevo escenario que plantea el calentamiento global.

## **2.4 EFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN LOS TRIATOMINOS**

A continuación, se presenta una breve revisión de estudios orientados a establecer el efecto de las variables ambientales, sobre los vectores de la enfermedad de Chagas. Los primeros estudios comenzaron pocos años después de la descripción parasitológica, clínica y epidemiológica de la enfermedad (Carcavallo, 1999). Neiva (1913), cuatro años después de que el Dr. Carlos Chagas diera a conocer una nueva entidad patológica, realizó un experimento para conocer la influencia de la temperatura sobre el desarrollo embrional de *T. infestans*, demostrando que el calentamiento experimental aceleraba el período embrionario. Clark (1935), estudió los efectos de la temperatura sobre el tiempo y porcentaje de eclosión de *R. prolixus*, observó que a medida que se aumentaba la temperatura el tiempo de eclosión se reducía y que a 34°C no había eclosión. Hack (1955), observó en campo que en áreas geográficas con altas temperaturas *T. infestans* puede presentar dos generaciones al año, mientras que en áreas templadas sólo presenta una durante el mismo período, lo que sugiere que habrá un aumento de la densidad poblacional en zonas con altas temperaturas.

Blaksley & Carcavallo (1968), estudiaron la resistencia al frío de 9 especies del género *Triatoma* que habitan zonas australes, demostrando su tolerancia diferencial a climas bajo cero, pues solo algunos murieron después de ser expuestos a -2°C por 4 horas,



mientras que *T. platensis* no presentó mortalidad a -4°C y solo 2 ejemplares de 20 murieron a -6°C durante el mismo tiempo. Pífano (1969), señaló la importancia de investigar el microclima en el hábitat del triatomo, por lo que estudió la variación de la temperatura y la humedad relativa en la palma *Scheelea humboldtiana* y encontró que las hojas internas presentan temperatura constante entre 22-23°C, mientras que en las hojas externas varía de 16-30°C; con respecto a la humedad relativa encontró que en las hojas internas es alta y constante, mientras que en las hojas externas puede variar entre 40-95%.

Zeledón, Guardia, Zuniga & Swartzwelder (1979), evidenciaron que el tiempo de desarrollo embrional de *T. dimidiata* se disminuye al aumentar la temperatura, observaron que los huevos nacieron en 29 días cuando se criaron a 22-24°C y en 23 días cuando se criaron a 26°C. Carcavallo & Martínez (1972), obtuvieron ciclos de vida más cortos en especímenes de tres especies del género *Triatoma*, criados a temperatura permanente 27-28°C, en comparación con colonias criadas al aire libre a temperaturas variables. Curto de Casas & Carcavallo (1984), estudiaron la dispersión meridional de algunas especies, concluyeron que existe un factor climático crítico que condiciona la dispersión, en este caso determinaron que era el número de días con temperaturas superiores a 20°C, y no la temperatura más baja como se suponía antes del estudio.

En la década de los 90s se mejoraron las metodologías empleadas en laboratorio, se confirmó que el desarrollo biológico de varios triatominos se acelera a medida que se aumenta la temperatura. Entre los estudios más destacados se encuentran los trabajos de Galvão, Jurberg, Cunha & Mello (1995); Galvao et al., (1999); Rocha, Galvao & Jurberg (1994); Rocha et al., (2001a); Rocha, Jurberg, Carcavallo, Cunha & Galvao (2001b), asimismo, los numerosos experimentos comparativos sobre la influencia de la temperatura de 25 y 30°C en el ciclo de vida de varias especies (*D. maxumus*, *P. herreri*, *P. megistus*, *R. ecuadoriensis*, *R. nasutus*, *R. neglectus*, *R. pictipes*, *R. prolixus*, *R. robustus*, *T. brasiliensis*, *T. infestans*, *T. maculata*, *T. matogrossensis*, *T. platensis*, *T. protracta*, *T. sordida*, *T. tibiamaculata* y *T. vitticeps*), publicados por Silva (1985; 1988;

1989a; 1989b; 1989c; 1990a; 1990b; 1992), Silva & Silva (1988a; 1988b; 1988c; 1988d; 1988e; 1989; 1990a; 1990b; 1991; 1993) y Silva et al., (1995) (Tabla 3).

Se ha señalado que la temperatura puede influenciar la duración de los triatominos de manera indirecta. Catalá (1991), estudió la frecuencia de alimentación de *T. infestans* en gallineros experimentales, bajo condiciones climáticas determinadas durante un año, con lo cual demostró que altas temperaturas aumentan la tasa de picadura. Por lo tanto, es lógico considerar que la especie en un ambiente más cálido produzca generaciones en menor tiempo, ya que se ha establecido que el frecuente consumo de sangre acelera el ciclo de vida de los triatominos, por ejemplo, Carcavallo, Tonn, Ortega, Betancourt & Carrasquero (1978), encontraron que *R. prolixus* alimentado cada 8 días completa los estadios ninfales en 78,9 días, mientras que los alimentados cada 16 días tardaron 107,1 días y los alimentados cada 28 días tardaron 199,7 días.

Así mismo, los trabajos de Burgos, Curto de Casas, Carcavallo & Galíndez (1994) y Curto de Casas, Carcavallo, Galíndez, Jurberg & Mena (1994), desarrollaron una metodología para estudiar la influencia climática en la distribución geográfica de algunas especies de triatominos, especialmente *T. infestans*. Ambos trabajos señalaron que altas temperaturas aceleran el metabolismo del insecto, mientras que baja humedad relativa aumenta la frecuencia de alimentación con relación a la deshidratación, por lo que aumenta la tasa de picadura.

**Tabla 3.** Duración promedio en días del ciclo biológico de triatominos a temperaturas de 25 y 30°C.

Especie	Temperatura	
	25°C	30°C
<i>Dipetalogaster maximus</i>	302,70	205,45
<i>Panstrongylus herreri</i>	198,98	152,15
<i>Panstrongylus megistus</i>	202,33	167,40
<i>Rhodnius ecuadoriensis</i>	141,32	119,70
<i>Rhodnius nasutus</i>	145,70	114,20
<i>Rhodnius negletus</i>	149,00	119,55
<i>Rhodnius pictipes</i>	171,00	133,90
<i>Rhodnius prolixus</i>	159,70	133,35
<i>Rhodnius robustos</i>	154,52	127,95
<i>Triatoma brasiliensis</i>	235,48	183,95
<i>Triatoma infestans</i>	210,40	151,83
<i>Triatoma maculata</i>	222,90	168,10
<i>Triatoma matagrossensis</i>	248,42	190,40
<i>Triatoma platensis</i>	241,83	161,73
<i>Triatoma protracta</i>	227,25	175,17
<i>Triatoma sordida</i>	243,20	143,52
<i>Triatoma tibiamaculata</i>	221,27	180,48
<i>Triatoma vitticeps</i>	258,42	206,38

Fuente: Tomado de Silva & Silva (1989).

Luz et al., (1999) examinaron el desarrollo de *R. prolixus* a temperatura y humedad relativa constante y fluctuante (rango de 15-35°C y 75-97% HR), lo cual les permitió concluir que el desarrollo de *R. prolixus* depende de la temperatura y la humedad relativa, adicionalmente, determinaron las condiciones óptimas en los valores constantes de 28°C y 75% HR, y por último observaron que los estadios I y V fueron los más sensibles, independientemente de las condiciones ambientales. A finales de la década de los 90s Carcavallo et al., (1998c) publicaron los mapas de referencia de la distribución geográfica

de las especies de triatomíneos en América, en los cuales se presentó especial atención a las condiciones climáticas y a los factores geográficos vinculados.

Guarneri et al., (2003) estudiaron la influencia de las variables climáticas sobre la fisiología de la eclosión, la mortalidad de ninfas y el éxito de muda de *T. brasiliensis*, observaron que a temperaturas inferiores de 20°C no hay eclosión y se presenta alta mortalidad para los estadios I y II. Schilman & Lazzari (2004), señalaron que la temperatura afecta la pérdida de peso de *R. prolixus*, pues cuando los insectos se mantuvieron a 32°C perdieron más peso que cuando se mantuvieron a 24°C, lo cual les obliga a alimentarse más seguido. Rabinovich, Pietrokovsky & Wisnivesky (2006), analizaron el efecto de la humedad relativa y la temperatura en los huevos de *T. guasayana*, concluyeron que la tasa de desarrollo se incrementa con la temperatura, además explican que la relación entre la tasa de desarrollo y la temperatura puede considerarse como el resultado de la selección natural, porque esta relación cambia, cuando los insectos son expuestos a diferentes regímenes de temperatura durante muchas generaciones. Martínez et al., (2008) observaron que al aumentar la temperatura se acelera el desarrollo de *T. mexicana*, sin embargo, no se encontró influencia en los demás parámetros biológicos, lo que sugiere la capacidad de adaptación de la especie.

Rabinovich & Feliciangeli (2015), estudiaron los tiempos de desarrollo, estadísticas vitales y parámetros de crecimiento poblacional de una cohorte de 100 huevos de *P. geniculatus* bajo condiciones constantes de laboratorio (26±1°C y 60±10% HR). Observaron que el tiempo que tarda la cohorte en llegar al estadio adulto es de 39,4 semanas, el tiempo generacional tarda 46,34 semanas y la mortalidad por instar presentó mayor número en los estadios más jóvenes. Franzim (2017), estudió el desarrollo de 80 ninfas de *P. herreri* bajo condiciones fluctuantes de temperatura (19-31°C) y humedad relativa (56,85% ± 25,66%), los resultados indicaron que el tiempo de desarrollo de una etapa a la siguiente no varió respecto a lo informado, por lo tanto, *P. herreri* parece ser capaz de aclimatarse y alcanzar la madurez sexual bajo condiciones ambientales diferentes a sus requerimientos normales.

Los resultados presentados son pruebas verificables de que las variables climáticas (temperatura y humedad relativa) influyen en los procesos fisiológicos de los triatominos, sin embargo, estos resultados se deben analizar con cautela, ya que es complejo tratar de comparar los procedimientos experimentales bajo condiciones de laboratorio, debido a la diversidad de metodologías empleadas y a la respuesta diferencial de cada especie.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 MATERIAL BIOLÓGICO**

La población de *P. geniculatus* utilizada en este estudio se originó a partir de una hembra grávida colectada en el municipio de Molagavita, Santander – Colombia, en el año 2011. Los individuos fueron donados por el Centro de Investigaciones en Enfermedades Tropicales (CINTROP) de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, al Laboratorio de Investigación en Parasitología Tropical (LIPT) de la Universidad del Tolima, Ibagué, mediante convenio colaborativo interinstitucional. La colonia ha sido mantenida sin aportes de material externo desde el año 2014 (tres generaciones), en condiciones fluctuantes de temperatura y humedad relativa y alimentada semanalmente con sangre de gallina (*Gallus gallus*) hasta obtener un pie de cría de 40 hembras y 30 machos.

Las gallinas que se emplearon para alimentar a los individuos fueron sometidas a las condiciones establecidas y señaladas en la Ley 84 de 1989, por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y la Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Las gallinas fueron revisadas medicamente cada 20 días por la Dra. Gisella Karina Holguin Cespedes, con N° de tarjeta profesinal 32669 de la facultad de medicina veterinaria de la Universidad del Tolima.

#### **3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

**3.2.1** Estrategia de mantenimiento en condiciones no controladas de laboratorio. En el Laboratorio de Investigación en Parasitología Tropical (LIPT) los individuos de *P. geniculatus* se criaron a temperatura y humedad relativa fluctuante, en el interior de una cámara climática no automatizada.

**3.2.1.1** Camara climática no automatizada. Los individuos se mantuvieron en recipientes de polietileno (plástico) transparente de 11 cm de alto, 9 cm de diámetro de base y 10,5 cm de diámetro de boca, la base se cubrió con una capa de yeso (Yeso Piedra - Hidrocal 105 tipo III, importado por Dental Stone S.A.S.) de 1,5 cm de altura, sobre la cual se dispuso una circunferencia de cartón cartulina de 2 mm de grosor, con el propósito de mantener la humedad dentro del recipiente. En el interior se ubicó una lámina vertical de cartón cartulina doblada en zigzag, la cual permitió el acceso a la fuente de comida y aumentó el área de contacto de los individuos. Los recipientes se cerraron con tela tul, se aseguraron con bandas de goma y fueron limpiados cada 15 días, actividad que consistió en: cambio de la circunferencia de cartón cartulina dispuesta en la base, cambio de la pieza vertical y revisión del estado de la tela tul y las bandas de goma.

Los recipientes se instalaron en una vitrina metálica de 1,60 m de altura, 0,92 m de ancho y 0,40 m de profundidad. La estructura estaba dividida en dos regiones (Figura 13), la región superior fue recubierta internamente con polietileno (bolsas) de color verde y las puertas se sellaron PVC (vinipel) Darnel Wrap, mientras que la región inferior sirvió de almacén para los materiales de experimentación como: guantes de nitrilo, recipientes plásticos, pinceles, cartón cartulina, tela de tul, bandas de goma, cajas de Petri, toallas absorbentes, tijeras y marcadores indelebles.

La temperatura y la humedad relativa dentro de la cámara se monitoreo diariamente, la temperatura promedio fue de 27°C (24-30°C) y la humedad relativa promedio fue de 70% (60-80%). Los altos niveles de humedad relativa se obtuvieron introduciendo 5 frascos de cristal con agua, la cual fue cambiada cada 8 días para evitar la aparición de hongos; uno de los frascos fue puesto sobre una placa calefactora para aumentar la evaporación y alcanzar la humedad requerida por la especie (Lent & Wygodzinsky, 1979; Wolff & Gonzales, 1998). Después de cerrar la vitrina, los espacios entre las puertas fueron sellados con cinta adhesiva.

**3.2.1.2** Procedimiento experimental. Se hizo seguimiento de la fertilidad de 30 hembras de *P. geniculatus* sometidas a condiciones fluctuantes de temperatura y humedad relativa y alimentadas cada 8 días. El procedimiento experimental se desarrolló durante los meses de agosto y septiembre del 2016, el 5 de agosto se conformaron tres grupos de 10 hembras y 6 machos por recipiente inmediatamente después de la alimentación. De acuerdo con Cabello & Galindez (1998), el tiempo promedio que tarda la hembra de *P. geniculatus* en poner huevos post-copula es de 20 días, por lo cual se empezó la recolección 30 días después de la conformación de los grupos (2 de septiembre de 2016). Los huevos se recolectaron antes de alimentar a los insectos y se ubicaron sobre circunferencias de toallas absorbentes dentro de cajas de Petri; las cajas fueron rotuladas (fecha de colecta, código del grupo y el número de huevos recolectados), cerradas con tela tul y aseguradas con bandas de goma. La revisión y recolección de los datos se realizó diariamente hasta que el ultimo huevo viable eclosionó.

**3.2.2** Estrategia de mantenimiento en condiciones controladas de laboratorio. En las instalaciones del LIPT se realizó el seguimiento entre el 15 de noviembre del 2016 y el 1 de septiembre del 2017 del ciclo biológico de *P. geniculatus* sometido a tres temperaturas diferentes ( $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa (HR) de  $70 \pm 5\%$ , fotoperiodo 12:12 y alimentados con sangre de gallina cada 8 días.

**3.2.2.1** Incubadoras automatizadas. Se adquirieron tres incubadoras automáticas de referencia A-90B fabricadas por Falco Tecnologías S.A.S. Medellín – Colombia, las cuales se instalaron en un cuarto de 2,35 m de alto, 1,52 m de ancho y 2,24 m de profundidad, a la cual se le adapto un aire acondicionado York (modelo: YSEA 18FS-ADA) programado a  $19^{\circ}\text{C}$ , debido a que la referencia A-90B no tiene la capacidad de refrigerar, por lo tanto, temperaturas ambientales superiores a la programada afectan su temperatura interna.

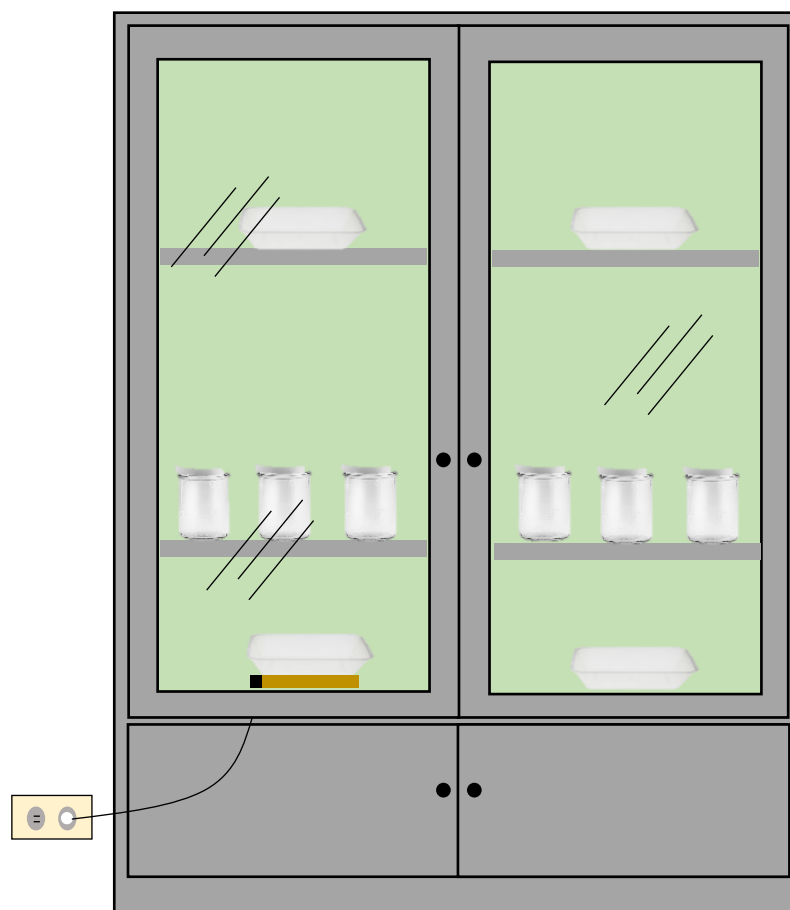
Las incubadoras se ubicaron sobre un mesón a 0,90 m del suelo y se conectaron por tubería de policloruro de vinilo (PVC) de 1' pulgada, a un tanque de PVC de 60 L, situado sobre un andamio metálico de 1,05 m de altura. El líquido para generar la humedad



relativa se transportó desde el suelo al tanque (1,95 m), por medio de una bomba de agua Karson (modelo: KSN-30560), a través de tubería PVC de ½' pulgada (Figura 14). El agua usada en las incubadoras fue comprada por galones de 25 L a la empresa San José, Ibagué – Colombia.

Los equipos empleados para hacer monitoreo a la temperatura fueron termómetros de mercurio, higrómetros (serial: 200820166572.7) e higrómetros Extech (modelo: RHT-20) que fueron prestados mediante convenio colaborativo interinstitucional con el Centro de Investigaciones en Microbiología y Parasitología Tropical (CIMPAT) de la Universidad de los Andes.

**Figura 13.** Diagrama de la cámara climática no automatizada.



Fuente: Autor

**Figura 14.** Área de experimentación en el Laboratorio de Investigación en Parasitología Tropical de la Universidad del Tolima.



Fuente: Autor

**3.2.2.2** Procedimiento experimental. A partir del pie de cría de *P. geniculatus* (40 hembras y 30 machos), se obtuvo 3 lotes de 160 huevos cada uno, los cuales fueron recogidos tres días post-alimentación. Se sabe que las hembras de los triatóminos colocan un promedio de tres huevos dos días post-alimentación (Chiang & Chiang, 2016), por lo que se estima que los primeros 160 huevos se podrán obtener en la primera semana, para comenzar con el primer grupo experimental a 26°C, a la siguiente semana se obtendrán otros 160 huevos para ubicarlos en el segundo grupo experimental a 28°C y en la tercera semana el último grupo a 30°C.

Los grupos quedarán conformados de la siguiente manera después del primer mes: 4 grupos de 40 huevos por incubadora, mantenidos a temperaturas de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , humedad relativa (HR) constante de  $70 \pm 5\%$ , fotoperiodo 12:12 y alimentados cada 8 días con sangre de gallina durante 30 minutos (Figura 15). Se diseñaron dos formularios en Excel para registrar por temperatura: i) los datos diarios hasta que el último individuo eclosionó y ii) los datos semanales de mortalidad y mudas. La revisión de los recipientes se realizó en una cabina entomológica fabricada en Fomento Industrial Alvel, Medellín – Colombia, con dimensiones de 0,50 m de alto, 1 m de ancho y 0,56 m de profundidad.

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**3.3.1** Condiciones no controladas. Se calculó el porcentaje de eclosión a partir del número de huevos recolectados cada 8 días por recipiente durante un mes, con lo cual se registraron 4 datos de porcentaje por grupo y se promediaron.

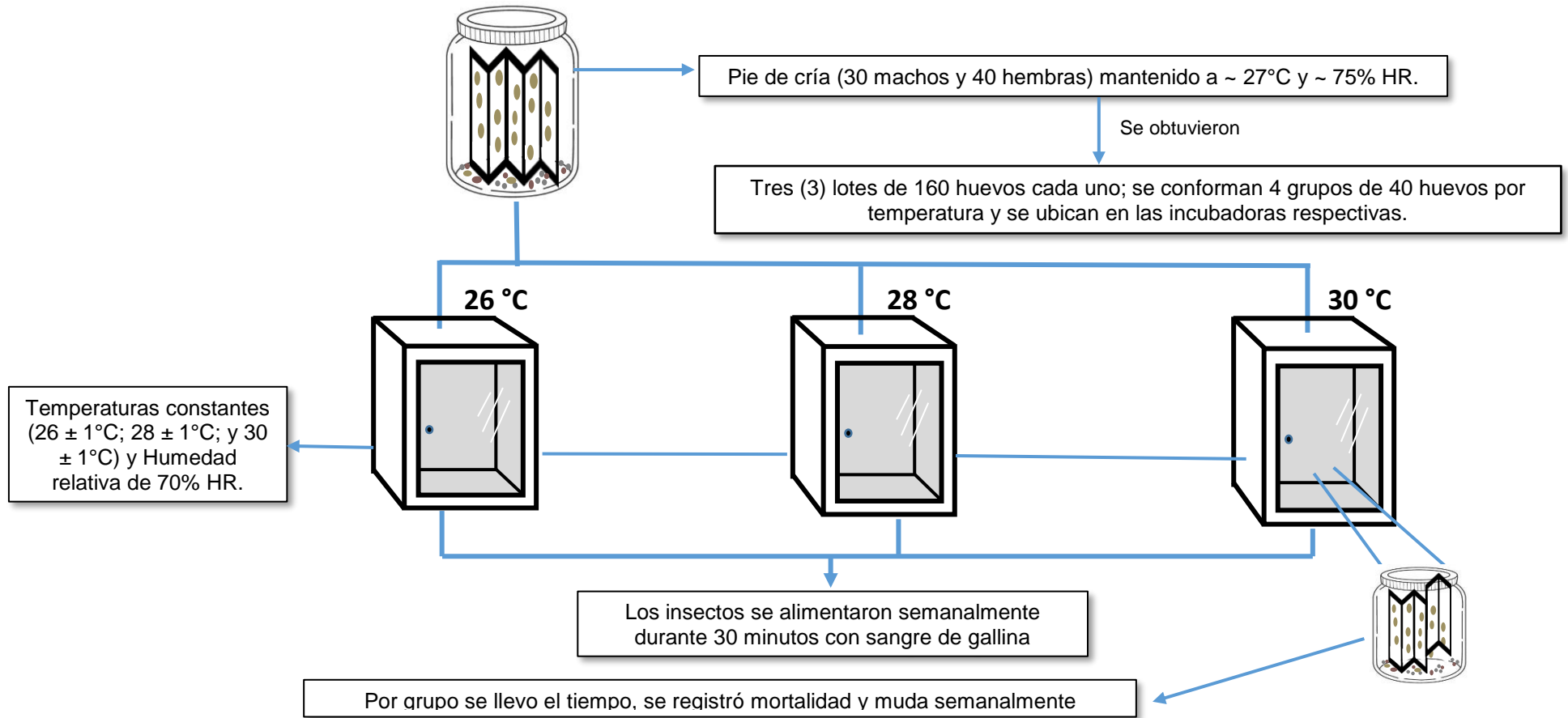
**3.3.2** Condiciones controladas. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico MinTab 17. Se determinó la influencia de tres temperaturas sobre el tiempo que tarda (expresado en semanas) el ciclo biológico de *P. geniculatus*, se confrontaron los efectos de las temperaturas comparando los intervalos de confianza (IC) del promedio de tiempo en cada estadio (huevo, N1, N2, N3, N4 y N5) y el promedio de tiempo en todo el desarrollo ninfal hasta emerger el imago. El porcentaje de mortalidad por estadio y total por temperatura se calculó de acuerdo con la formula propuesta por Schofield et al., (1997):

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{M}{M + E} \times 100$$

Donde: M = Individuos muertos; E = Exuvias.

El efecto de las tres temperaturas sobre la mortalidad se establecio comparando los intervalos de confianza binominales (ICB) del porcentaje, tanto de los muertos por estadio como de los muertos totales entre temperaturas.

**Figura 15.** Diagrama metodológico para el estudio del ciclo de vida de *P. geniculatus* a tres temperaturas diferentes.



Fuente: Autor

## 4. RESULTADOS

### 4.1 CONDICIONES NO CONTROLADAS

**4.1.1** Fertilidad de 30 hembras de *Panstrongylus geniculatus* sometidas a condiciones de temperatura y humedad relativa fluctuantes. Los porcentajes de eclosión y el número de huevos (semanal-mensual) de 30 hembras de *P. geniculatus* se presentan en la Tabla 4. Entre los tres grupos se presentaron diferencias significativas, sin embargo, el número total de huevos puestos por las 30 hembras fue de 2.476 y 2.053 eclosionaron, para un porcentaje de eclosión general de 82,9% (81,37 – 84,38).

Llama la atención el Grupo 2 debido a que en la colecta del 9 de septiembre presentó el menor número de huevos, resultado que mostró diferencias significativas al promedio general (82,9%); en los huevos colectados el 16 de septiembre, el porcentaje de eclosión fue el más bajo (41,6%); y además fue el grupo que presentó el mayor número de huevos y en contraste el menor porcentaje de eclosión entre los grupos.

**Tabla 4.** Porcentaje de eclosión y número de huevos (semanal-mensual) de 30 hembras de *Panstrongylus geniculatus* sometidas a temperatura y humedad relativa fluctuantes. ICB: Intervalos de Confianza Binominales.

Fecha	Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3			
	N	E	P	ICB	N	E	P	ICB	N	E	P	ICB
<b>2 sep</b>	271	245	90,4%		224	195	87,0%		133	123	92,4%	
<b>9 sep</b>	155	130	83,8%		90	70	77,7%		168	164	97,6%	
<b>16 sep</b>	263	203	77,1%		293	122	41,6%		206	164	79,6%	
<b>23 sep</b>	207	166	80,2%		312	234	75,0%		264	237	89,8%	
T. Grupo	896	744	83,0%	80,4-85,4	919	621	67,6%	64,4-70,6	771	688	89,8%	86,3-91,3
Total					2.476	2.053	82,9%	81,3-84,4				

N: número de huevos. E: número de huevos eclosionados. P: Porcentaje de eclosión. T: Total.

Fuete: Autor

## 4.2 CONDICIONES CONTROLADAS

**4.2.1** Duración del ciclo de vida de las tres cohortes sometidas a diferentes temperaturas. El tiempo expresado en semanas que tarda una cohorte de 160 huevos sometida a 26°C en llegar al estadio adulto se presenta en la Tabla 5. La duración del ciclo de vida tardó 29,95 semanas en promedio (209,65 días), con un mínimo de 24 y un máximo de 36 semanas (Anexo J). El estadio ninfal más corto fue el N2 desarrollándose en 4,64 semanas (32,48 días), mientras que el estadio N5 fue el de mayor duración registrando 6,71 semanas (46,97 días).

**Tabla 5.** Tiempo de desarrollo en semanas de huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 26°C.

Estadio	N	Duración en semanas						Duración en días	
		$\bar{X}$	Total	Min	Max	Inferior IC 95%	Superior IC 95%	$\bar{X}$	Total
Huevo – Ninfa 1	160	3,23	3,23	3,16	3,30	2	4	22,61	22,61
Ninfa 1 – Ninfa 2	144	5,45	8,68	8,37	8,98	6	13	38,15	60,76
Ninfa 2 – Ninfa 3	119	4,64	13,32	13,02	13,61	10	20	32,48	93,24
Ninfa 3 – Ninfa 4	114	4,81	18,13	17,73	18,52	14	23	33,67	126,91
Ninfa 4 – Ninfa 5	100	5,11	23,24	22,63	23,84	18	34	35,77	162,68
Ninfa 5 – Adulto	91	6,71	29,95	29,33	30,57	24	36	46,97	209,65

N: número de ninfas.  $\bar{X}$ : promedio de tiempo en semanas y días por estadio. IC: intervalo de confianza.

Fuente: Autor

El tiempo expresado en semanas que tarda una cohorte de 160 huevos sometida a 28°C en llegar al estadio adulto se presenta en la Tabla 6. La duración del ciclo de vida tardó 26,96 semanas en promedio (188,72 días), con un mínimo de 20 y un máximo de 38 semanas (Anexo K). El estadio N3 fue el más corto desarrollándose en 3,83 semanas (26,81 días), mientras que el estadio N5 fue el de mayor duración 6,15 semanas (43,05 días).

**Tabla 6.** Tiempo de desarrollo en semanas de huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 28°C.

Estadio	N	Duración en semanas						Duración en días	
		$\bar{X}$	Total	Min	Max	Inferior IC 95%	Superior IC 95%	$\bar{X}$	Total
Huevo – Ninfa 1	160	2,99	2,99	2	3	2,97	3,00	20,93	20,93
Ninfa 1 – Ninfa 2	144	5,11	8,10	6	15	7,88	8,32	35,77	56,70
Ninfa 2 – Ninfa 3	107	4,61	12,71	9	19	12,41	13,01	32,27	88,97
Ninfa 3 – Ninfa 4	95	3,83	16,54	12	26	16,11	16,96	26,81	115,78
Ninfa 4 – Ninfa 5	87	4,27	20,81	16	33	20,45	21,59	29,89	145,67
Ninfa 5 – Adulto	82	6,15	26,96	20	38	25,98	27,22	43,05	188,72

N: número de ninfas.  $\bar{X}$ : promedio de tiempo en semanas y días por estadio. IC: intervalo de confianza.

Fuente: Autor

El tiempo expresado en semanas que tarda una cohorte de 160 huevos sometida a 30°C en llegar al estadio adulto se presenta en la Tabla 7. La duración del ciclo de vida tardó 31,95 semanas en promedio (222,95 días), con un mínimo de 23 y un máximo de 39 semanas (Anexo M). El estadio N2 fue el más corto desarrollándose en 4,77 semanas (33,39 días), mientras que el estadio N5 fue el más extenso registrando 6,98 semanas (48,86 días).

**Tabla 7.** Tiempo de desarrollo en semanas de huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 30°C.

Estadio	N	Duración en semanas						Duración en días	
		$\bar{X}$	Total	Min	Max	Inferior IC 95%	Superior IC 95%	$\bar{X}$	Total
Huevo – Ninfa 1	160	2,86	2,86	2	3	2,79	2,92	20,02	20,02
Ninfa 1 – Ninfa 2	99	5,72	8,58	6	13	8,17	8,99	40,04	60,06
Ninfa 2 – Ninfa 3	51	4,77	13,35	10	18	12,89	13,81	33,39	93,45
Ninfa 3 – Ninfa 4	48	4,98	18,33	13	24	17,65	19,00	34,86	128,31
Ninfa 4 – Ninfa 5	45	6,54	24,87	17	36	23,89	25,89	45,78	174,09
Ninfa 5 – Adulto	41	6,98	31,85	23	39	30,56	33,15	48,86	222,95

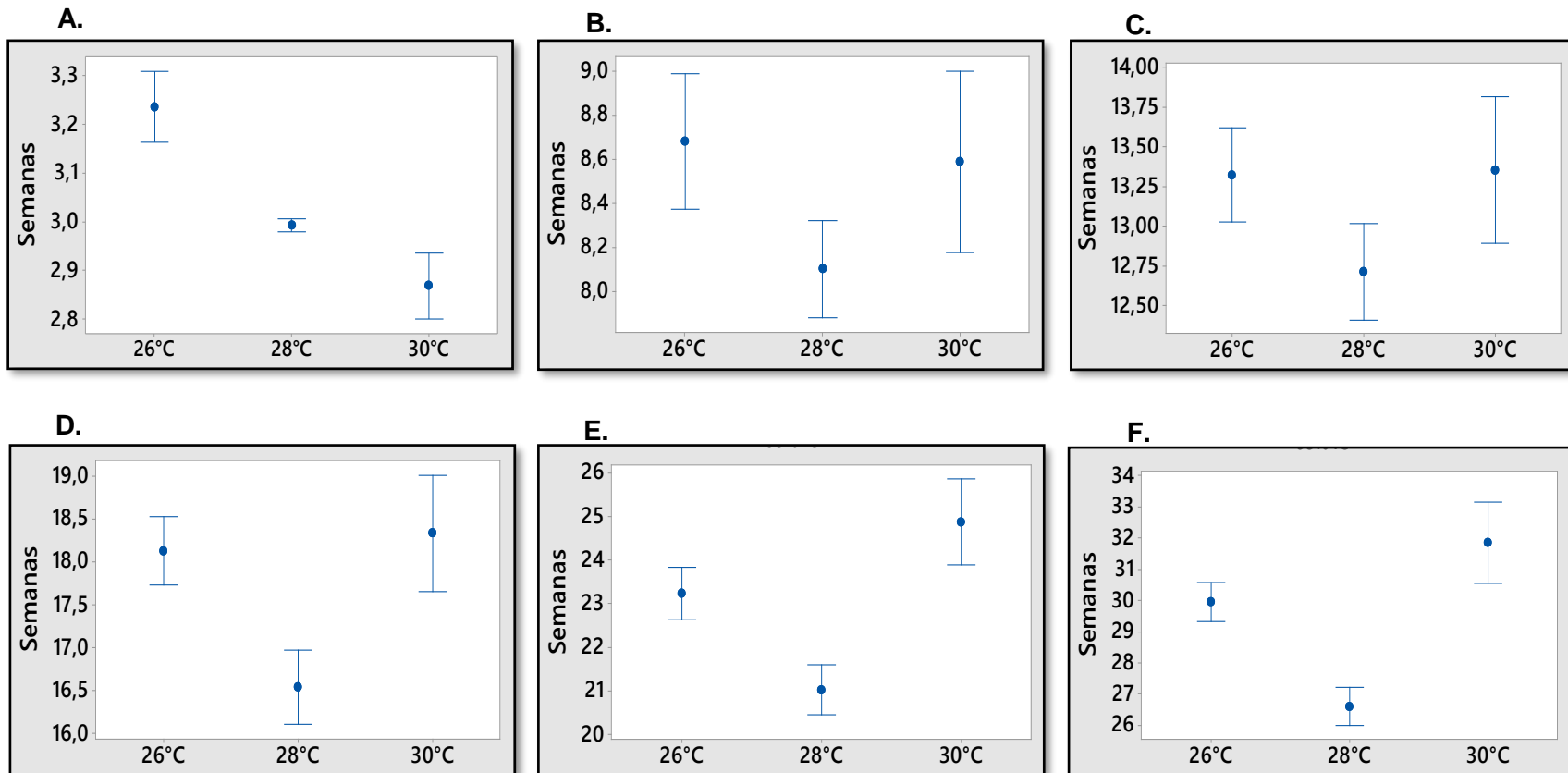
N: número de ninfas.  $\bar{X}$ : promedio de tiempo en semanas y días por estadio. IC: intervalo de confianza.

Fuente: Autor

La comparación de los intervalos de confianza del tiempo expresado en semanas entre las tres temperaturas se presenta en la Figura 16. Únicamente en la eclosión las tres temperaturas presentaron diferencias significativas. La cohorte de 30°C eclosionó más rápido (2,86 semanas), seguida por la de 28°C (2,99 semanas) y 26°C (3,23 semanas), aunque la cohorte de 26 y 28°C siguieron con la tendencia de menor duración a medida que la temperatura aumenta, la cohorte de 30°C termino siendo la más lenta.



**Figura 16.** Comparación del tiempo de desarrollo expresado en semanas desde huevo a adulto mantenido a tres temperaturas. Las barras verticales representan el promedio y los intervalos de confianza (95%). A. Huevo a Ninfa 1. B. Ninfa 1 a Ninfa 2. C. Ninfa 2 a Ninfa 3. D. Ninfa 3 a Ninfa 4. E. Ninfa 4 a Ninfa 5. F. Ninfa 5 a Adulto.



Fuente: Autor

**4.2.2** Porcentaje de mortalidad de tres cohortes sometidas a temperaturas diferentes. De 160 huevos observados a 26°C, 86 llegaron al estadio adulto y 74 murieron en el transcurso, lo que representa una mortalidad acumulada de 46,25% (Tabla 8). El porcentaje de mortalidad más alto se presentó en el estadio Ninfa 1 (17,36%), mientras que el porcentaje más bajo se presentó en el estadio Ninfa 2 (4,2%).

**Tabla 8.** Porcentajes de mortalidad de huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 26°C.

Estadios	N	Mortalidad			Mortalidad acumulada
		Promedio	Inferior IC 95%	Superior IC 95%	
<b>Huevos</b>	160	10%	5,30	14,69	10%
<b>Ninfa 1</b>	144	17,36%	11,10	23,62	25,62%
<b>Ninfa 2</b>	119	4,2%	0,54	7,85	28,75%
<b>Ninfa 3</b>	114	12,28%	6,16	18,39	37,5%
<b>Ninfa 4</b>	100	9%	3,29	14,7	43,12%
<b>Ninfa 5</b>	91	5,49%	0,72	10,26	46,25%
<b>Adultos</b>	86				

N: Individuos que comenzaron el estadio

Fuente: Autor

**Tabla 9.** Porcentajes de mortalidad de huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 28°C.

Estadios	N	Mortalidad			Mortalidad acumulada
		Promedio	Inferior IC 95%	Superior IC 95%	
<b>Huevos</b>	160	10%	5,30	14,69	10%
<b>Ninfa 1</b>	144	25,69%	18,47	32,91	33,12%
<b>Ninfa 2</b>	107	11,21%	5,13	17,29	40,62%
<b>Ninfa 3</b>	95	8,42%	2,73	14,10	45,62%
<b>Ninfa 4</b>	87	5,75%	0,75	10,73	48,75%
<b>Ninfa 5</b>	82	8,54%	2,35	14,71	53,12%
<b>Adultos</b>	75				

N: Individuos que comenzaron el estadio

Fuente: Autor

De 160 huevos observados a 28°C, 75 llegaron al estadio adulto y 85 murieron en el transcurso, lo que representó una mortalidad acumulada de 53,12% (Tabla 9). El porcentaje de mortalidad más alto se presentó en el estadio N1 (25,69%), seguido por el estadio N2 (11,21%), mientras que el porcentaje más bajo se presentó en el estadio N4 (5,75%).

De 160 huevos observados a 30 °C, 36 llegaron al estadio adulto y 124 murieron en el transcurso, lo que representó una mortalidad acumulada de 77,5% (Tabla 10). El porcentaje de mortalidad más alto se presentó en el estadio N1 (48,48%), seguido por el estadio huevo (38,13%), mientras que el porcentaje más bajo se presentó en el estadio N4 (5,75%).

**Tabla 10.** Porcentajes de mortalidad de huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 30°C.

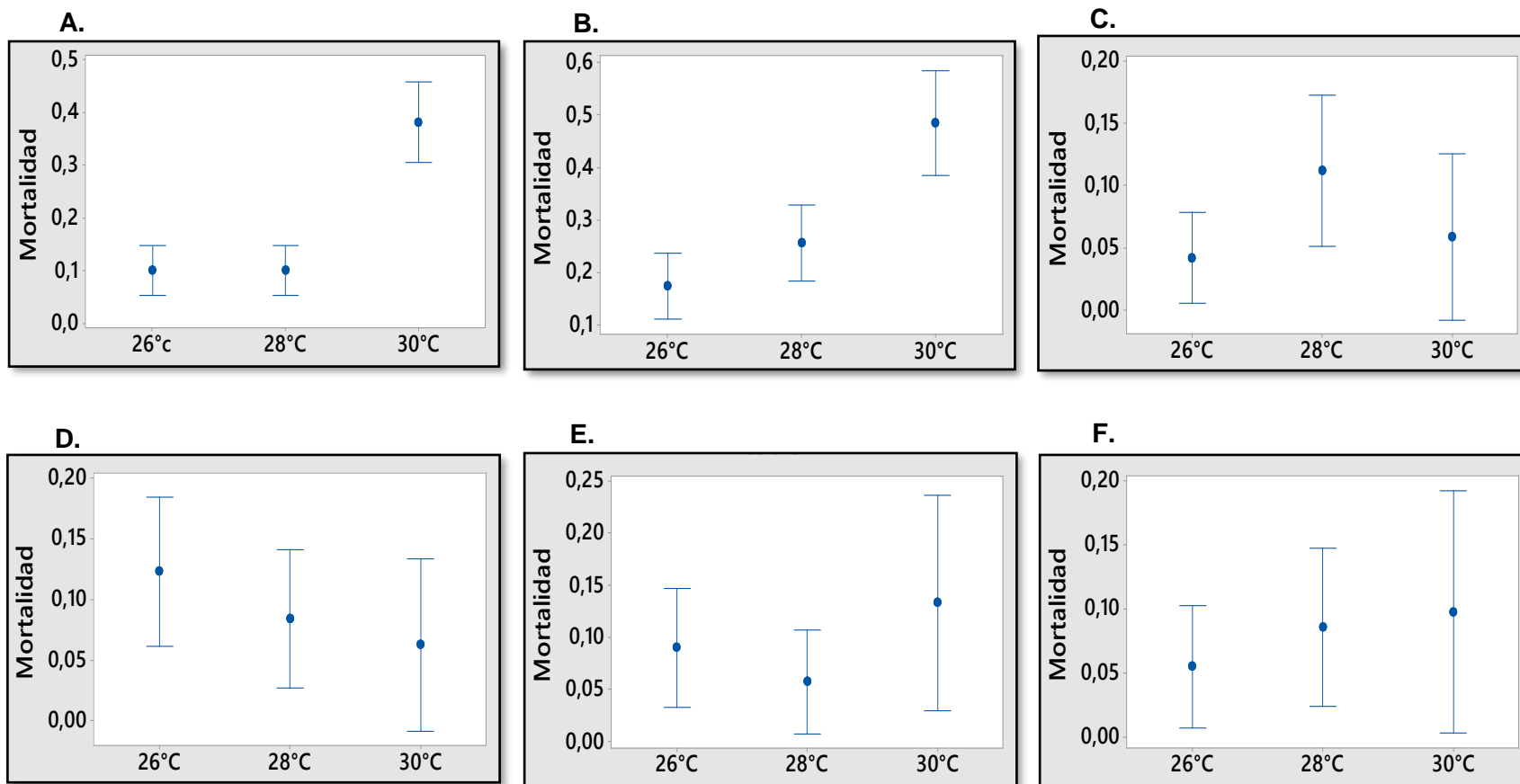
Estadios	N	Mortalidad			Mortalidad acumulada
		Promedio	Inferior IC 95%	Superior IC 95%	
<b>Huevos</b>	160	38,13%	30,51	45,73	38,13%
<b>Ninfa 1</b>	99	48,48%	38,46	58,50	68,12%
<b>Ninfa 2</b>	51	5,88%	0,80	12,56	70%
<b>Ninfa 3</b>	48	6,25%	0,85	13,35	71,87%
<b>Ninfa 4</b>	45	8,89%	3,00	23,66	74,37%
<b>Ninfa 5</b>	41	12,20%	0,27	19,23	77,5%
<b>Adultos</b>	36				

N: Individuos que comenzaron el estadio

Fuente: Autor

La comparación de los intervalos de confianza binominales (ICB) de los porcentajes de mortalidad entre temperaturas, se muestran en la Figura 17. Se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad de huevo a N1 y de N1 a N2 entre la cohorte de 30°C comparado con 26 y 28°C. En los siguientes estadios no se presentó diferencias significativas en el porcentaje de mortalidad.

**Figura 17.** Comparación de la mortalidad a tres temperaturas expresada en porcentaje. Las barras verticales indican el promedio y los intervalos de Confianza (95%). A. Huevo a Ninfa 1. B. Ninfa 1 a Ninfa 2. C. Ninfa 2 a Ninfa 3. D. Ninfa 3 a Ninfa 4. E. Ninfa 4 a Ninfa 5. F. Ninfa 5 a Adulto.



Fuente: Autor

## 5. DISCUSIÓN

La información sobre la biología de los triatominos bajo condiciones de laboratorio, es fundamental para el diseño de estrategias de control vectorial, que contribuyan a la disminución de la prevalencia de la enfermedad de Chagas. No obstante, la comparación de los resultados entre los estudios con condiciones de laboratorio es difícil, debido a las diferentes metodologías utilizadas para analizar la duración y la mortalidad de los ciclos de vida de las especies en cuestión (Anexo O y Anexo P), especialmente con respecto a la temperatura, humedad relativa, fuente de alimento, frecuencia de alimentación, tiempo de oferta de alimento, número de especímenes y estadios de las especies estudiadas, densidad de los insectos por envase, frecuencia de las observaciones y variables observadas; puesto que se sabe que el desarrollo del ciclo de vida de los triatominos varía de acuerdo con factores intrínsecos característicos de una especie en particular, las condiciones ambientales y la disponibilidad de una apropiada fuente de alimento (Damborsky, Bar & Gorla 2005; Guarneri, Pereira & Diotaiuti 2000; Zeledón, Cordero, Marroquín & Lorosa 2010).

Se ha reportado que el mantenimiento de colonias de *P. geniculatus* en condiciones de laboratorio es difícil, debido a la exigencia de altos niveles de humedad relativa (Lent & Wygodzinsky, 1979). De acuerdo con Miles et al., (1981) y Ramirez (1987) las dificultades para el mantenimiento en laboratorio y el bajo número de individuos recogidos han impedido ampliamente su estudio (Citado por Cabello & Galíndez, 1998). Sin embargo, Wolff & Gonzalez (1998), a partir de individuos recolectados en Amalfi, Antioquia – Colombia, estudiaron el ciclo de vida de huevo a adulto en condiciones de laboratorio (temperatura de 28-30°C y humedad relativa de 95%). Cabello & Galíndez (1998), hicieron una evaluación estadística de la dinámica poblacional en condiciones controladas de laboratorio (temperatura de  $26 \pm 3^\circ\text{C}$ , humedad relativa de  $90 \pm 10\%$  y alimentados sobre gallinas cada 15 días). Esteban & Angulo (2011a), estandarizaron las condiciones de ayuno y peso en las ninfas N5 para su utilización en pruebas biológicas. Esteban & Angulo (2011b), compararon la ovipostura de una población de laboratorio y

una de campo, alimentadas con gallina (*Gallus domesticus*) y ratones (*Mus musculus*) BALB/C. El estudio mas reciente sobre el mantenimiento de la especie en condiciones de laboratorio fue publicado por Rabinovich & Feliciangeli (2015), los cuales estimaron los tiempos de desarrollo por estadios, las estadísticas vitales (mortalidad y fecundidad específica por estadios), y los parámetros de crecimiento poblacional (tasa intrínseca de crecimiento natural, tasa finita de crecimiento poblacional, tasa neta de reproducción y tiempo generacional).

## 5.1 CONDICIONES NO CONTROLADAS

**5.1.1** Fertilidad de 30 hembras sometidas a condiciones de temperatura y humedad relativa fluctuantes. Se tomara el promedio general de eclosion en porcentaje para realizar la discusion; en las 30 hembras de *P. geniculatus* sometidas a temperatura fluctuante (24-30°C) y humedad relativa fluctuante (60-80%) fue de 82,9%, resultado que es menor al compararse con el porcentaje suministrado por Cabello & Galíndez (1998) de 88,9% para la misma especie, mantenida en condiciones de temperatura de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de 90%, esta variación puede deberse a las diferencias en las condiciones climáticas empleadas, no obstante, llama la atención que condiciones estables de temperatura y alta humedad benefician el porcentaje de eclosión de la especie. Rabinovich & Feliciangeli (2015) bajo condiciones de temperatura de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $60 \pm 10\%$  observaron que una cohorte de 100 huevos de *P. geniculatus* presentó 92,2% de eclosión, lo que sugiere que es la temperatura de  $26^\circ\text{C}$  constante, independiente de la humedad relativa la que garantiza altas tasas de eclosión.

En el presente estudio se realizaron experimentos con cohortes sometidas a condiciones controladas de temperatura (26, 28 y  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ) y humedad relativa ( $70 \pm 5\%$ ), los cuales presentaron porcentajes de eclosión de 90, 90 y 61,9% respectivamente, por lo tanto, al compararse estos resultados, con los obtenidos en las condiciones no controladas puede deducirse que las condiciones óptimas de eclosión, están dentro de un rango de temperatura de 26-28°C y una humedad relativa de 60% en adelante.

Al contrastar con otras especie del mismo género se encontró que es inferior al porcentaje reportado para *P. chinai*, que fue de 95,9% en condiciones de temperatura de  $24 \pm 6^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $70 \pm 10\%$  (Mosquera, Villacís & Grijalva, 2016); de igual forma, es menor al observado por Wolff, Cuartas, Velásquez & Jaramillo (2004) en *P. rufotuberculatus*, que fue de 84,4% sometido a temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $94 \pm 4^{\circ}\text{C}$ , disparidad que puede ser explicada por las necesidades biológicas y características intrínsecas de cada especie, aun siendo del mismo género.

Al comparar estos resultados con los obtenidos con otras especies de importancia epidemiológica, se halló que *P. geniculatus* presentó menor porcentaje de eclosión, por ejemplo, con *T. dimidiata* el cual fue de 100% de emergencia en condiciones de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 70-80% (Reyes & Angulo, 2009); así mismo, *P. geniculatus* presentó menor tasa de eclosión que el reporte hecho por Rabinovich (1973) de 85,57% para *T. infestans*, mantenido a temperatura de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $60 \pm 10\%$ .

De igual forma, fue menor al porcentaje de eclosión de *R. prolixus*, el cual obtuvo 89,5% mantenido a temperatura de  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 70-80% (Arévalo et al., 2007); sin embargo, *P. geniculatus* presentó mayor porcentaje de eclosión que *R. robustus*, el cual obtuvo 78,30% mantenido bajo condiciones de temperatura de 28-30°C y humedad relativa de 55% (Aldana, Zamora & Lizano, 2005). Las diferencias tanto de las especies de *Rhodnius* como de *Triatoma*, posiblemente se deban a las variantes en los diseños experimentales de las condiciones controladas y no controladas.

## 5.2 CONDICIONES CONTROLADAS

**5.2.1** Duración del ciclo de vida de *Panstrongylus geniculatus* sometido a tres temperaturas. Inicialmente se discutirán por separado los resultados de la duración del ciclo de vida de cada temperatura, tomando como base los dos estudios que hasta el momento mayor claridad han expuesto en el procedimiento estadístico empleado en el estudio del ciclo de vida de *P. geniculatus* (Cabello & Galíndez, 1998; Rabinovich &

Feliciangeli, 2015) y seguido se abordará la comparación de los intervalos de confianza de los tres tratamientos, para establecer la influencia de la temperatura sobre la duración del ciclo de vida hasta llegar al estadio adulto.

**5.2.1.1** Duración en semanas del ciclo de vida de la cohorte sometida a 26°C. El periodo de incubación promedio en el presente trabajo fue de 3,23 semanas (22,61 días), mantenido en condiciones de temperatura de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $70 \pm 5\%$ . Según Cabello & Galíndez (1998) *P. geniculatus* bajo condiciones de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $90 \pm 10\%$  HR, presentó un tiempo promedio de incubación de 3,04 semanas (21,3 días), resultado que es menor al obtenido en el presente estudio, mientras que Rabinovich & Feliciangeli (2015) para la misma especie y bajo condiciones de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $60 \pm 10\%$  HR, observaron un tiempo promedio de 3,87 semanas (27,1 días) valor significativamente mayor al obtenido en el presente trabajo.

Estos resultados podrían deberse a la diferencia de humedad relativa, a medida que está aumenta se reduce el periodo de incubación, lo cual confirma la exigencia de altos niveles de humedad para el mantenimiento óptimo de la especie. En contraste, otros triatominos presentan aumento del tiempo de eclosión a medida que sube el nivel de humedad relativa. En este sentido, Flórez & Angulo (2015) estudiaron la influencia de la humedad relativa sobre el ciclo de vida de *Rhodnius pallescens* y observaron que mantenido a temperatura de  $24 - 26^\circ\text{C}$  y humedad relativa de 85% tardó 2,8 semanas (19,5 días), mientras que mantenido a la misma temperatura y humedad relativa de 65% eclosionó a 2,6 semanas (18 días).

Sin embargo, las diferencias entre los resultados pueden ser explicadas por otras dos razones: primero, la procedencia de la población empleada en los estudios y segundo, el número de generaciones que llevan siendo mantenidas en laboratorio. La cohorte estudiada por Cabello & Galíndez (1998) procedía de individuos recolectados en el área de San Jacinto, estado de Trujillo-Venezuela, no obstante, no dan información sobre el número de generaciones criadas en laboratorio; la población utilizada en el estudio de Rabinovich & Feliciangeli (2015), llevaba siendo mantenida en condiciones de laboratorio



por cuatro generaciones, no se precisa el origen geográfico, puesto que solo se informa que se recolectó en Venezuela; mientras que la población empleada en el presente estudio fue recolectada en Molagavita, Santander – Colombia y llevaba al menos seis generaciones siendo criada en condiciones de laboratorio.

Si se compara el periodo de incubación promedio reportado en este estudio (3,23 semanas – 22,61 días), con otras especies del mismo género, es inferior al publicado para *P. rufotuberculatus* (3,4 semanas – 24,2 días) mantenido bajo temperatura de  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $94 \pm 4\%$  de humedad relativa (Wolff et al., 2004); e inferior al de *P. chinai* que reportó 3,6 semanas (25 días) bajo condiciones de  $24 \pm 6^{\circ}\text{C}$  y  $70 \pm 10\%$  HR (Mosquera et al., 2016). Esta diferencia probablemente se deba a dos razones: primero, puede que la temperatura que se empleó en el presente trabajo ( $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), superior  $2^{\circ}\text{C}$  a la empleada en los ciclos de vida de *P. rufotuberculatus* y *P. chinai* haya causado la aceleración, pues se sabe de acuerdo con Silva & Silva (1989b) que el aumento de la temperatura acelera el ciclo de vida, incluyendo el periodo de incubación de varias especies de triatominos; y segundo, puede que los requerimientos biológicos de estas especies aun siendo del mismo género seguramente sean distintos.

Si se compara con especies del género *Triatoma*, no presenta diferencias significativas al promedio de incubación reportado para *T. carcavalloei* (3,2 semanas – 22,7 días), mantenido a temperatura de  $26^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 70% (Mosquera et al., 2016); de igual forma es semejante a los resultados de *T. gerstaecker* (3,2 semanas – 22,4 días) mantenido a  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $30 \pm 2\%$  HR (Martinez et al., 2007).

El promedio de la duración del ciclo de vida de *P. geniculatus* en el presente estudio desde huevo hasta llegar al estadio adulto fue de 29,95 semanas (29,33 – 30,57), lo que representa 209,65 días. Según Cabello & Galíndez (1998) *P. geniculatus* bajo condiciones de temperatura de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $90 \pm 10\%$  y alimentado quincenalmente sobre gallina presentó un tiempo promedio de 39 semanas (273 días); así mismo, Rabinovich & Feliciangeli (2015) observaron para la misma especie bajo

condiciones de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $60 \pm 10\%$  HR y alimentado semanalmente sobre gallina, un tiempo promedio de 39,38 semanas (275,6 días).

Ambos estudios presentaron diferencias significativas comparados a los resultados obtenidos en el presente tratamiento, llama la atención que entre los estudios citados solo comparten las condiciones de temperatura y la fuente de alimentación, y aun así presentaron resultados semejantes entre sí y diferentes a los nuestros, lo que sugiere que es mayor la influencia de la temperatura estable y la fuente de alimento para el desarrollo del ciclo de vida, que la humedad relativa y la frecuencia de alimentación para *P. geniculatus*.

Al compararse a *P. geniculatus* con otras especies del mismo género, se encuentra que el tiempo que tarda en llegar a adulto es menor que el registrado por *P. chinai* (55,8 semanas – 391 días), mantenido a temperatura de  $24 \pm 6^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 10\%$  y alimentado semanalmente con sangre de ratón (Mosquera et al., 2016); por el contrario, *P. geniculatus* presentó mayor duración que la reportada para *P. rufotuberculatus* (19,8 semanas – 138,8 días) mantenido a  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $94 \pm 4\%$  HR; igualmente, presentó mayor duración que la registrada por *P. herreri* (20,2 semanas – 141,3 días) mantenido a temperatura fluctuante ( $18,9 - 31^{\circ}\text{C}$ ), humedad relativa fluctuante (31 – 82%) y alimentación semanal con sangre de ratón (Framzim et al., 2017).

Con relación a otras especies del género *Triatoma*, *P. geniculatus* presenta un ciclo de vida más corto que el reportado para *T. dimidiata* de 38,4 semanas (268,9 días), mantenido a temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de 70-80% y alimentado quincenalmente sobre gallina (Reyes & Angulo, 2009); de igual forma es menor a los resultados de Martínez et al., (2007) en los que obtuvieron adultos de *T. gerstaecker* en 39,7 semanas (278,6 días) bajo temperatura de  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $30 \pm 2\%$  y alimentado semanalmente sobre conejo; y menor a los de Martínez et al., (2008) que obtuvieron adultos de *T. mexicana* a las 40,9 semanas (286,7 días) mantenido a  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; humedad relativa de  $75 \pm 5\%$  y alimentado semanalmente con sangre de conejo.

**5.2.1.2** Duración en semanas del ciclo de vida de la cohorte sometida a 28°C. El periodo de incubación promedio en este diseño experimental fue de 2,99 semanas (20,9 días), resultado que es menor al obtenido por Cabello & Galíndez (1998) y Rabinovich & Feliciangeli (2015) que obtuvieron 3,04 semanas (21,3 días) y 3,87 semanas (27,1 días), respectivamente. La comparación de estos resultados sugiere que además de la humedad relativa, como se vio en el apartado anterior (5.2.1.1), la temperatura es fundamental en la regulación del tiempo del periodo de incubación, puesto que sin haber variaciones drásticas en las humedades empleadas en los experimentos, el presente estudio mostró un tiempo de duración inferior a los demás, por lo tanto, se puede suponer que además de la humedad relativa la temperatura influye en el periodo de incubación, y particularmente para *P. geniculaus* el aumento en 2°C en la temperatura ambiente acelera el proceso de eclosión.

Al comparar estos resultados con especies del género *Rhodnius* se encontró que es mayor al reportado para *Rhodnius colombiensis*, *R. neglectus* y *R. pictipes*. Arévalo et al., (2007) reportaron eclosión de *R. colombiensis* en 2,3 semanas (16,2 días) mantenido a temperatura de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de 75-80%; Rocha et al., (2001b) observaron eclosión en 2,1 semanas (14,77 días) para *R. neglectus* bajo condiciones de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $70 \pm 5\%$ ; de igual forma Rocha, Galvao & Jurberg (1994) observaron que *R. pictipes* termina su periodo de incubación en 2 semanas (14 días) mantenido a  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $80 \pm 5\%$ .

Con relación a especies del género *Triatoma*, se halló que los resultados del presente estudio (2,99 semanas – 20,9 días), fueron menores a la duración requerida para la eclosión de la especie *T. flavida*, la cual emerge a las 3,9 semanas (27,2 días) mantenida a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $85 \pm 10\%$  (Cabello & Lizano, 2001). Martínez et al., (2007) estudiaron la biología de tres especies de *Triatoma* alimentados con sangre de conejos, los cuales fueron mantenidos en condiciones de temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $30 \pm 2\%$  de humedad relativa; el periodo de incubación de *T. lecticularia* fue de 2,7 semanas (18,9 días), el de *T. protracta* fue de 2,9 semanas (20,7 días), y el de *T. gerstaeckeri* fue de (22,7 días). A pesar de que las condiciones de mantenimiento de las tres especies

fueron iguales, *T. protracta* obtuvo un periodo de incubación sin diferencias significativas con nuestros resultados, mientras que las otras dos especies si presentaron diferencias pero fueron relativamente cercanas, lo cual puede deberse a las distintas necesidades biológicas que presentan las especies de la subfamilia, ya que aun siendo las humedades tan bajas obtuvieron duración cercana a la obtenida por *P. geniculatus*.

El promedio de duración del ciclo de vida de los individuos de *P. geniculatus* empleados en este estudio fue de 26,96 semanas (188,72 días), mantenidos a temperatura de  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 5\%$  y alimentados sobre gallina semanalmente. Al compararse con los resultados de Wolff & Gonzales (1998), lo cuales obtuvieron una duración promedio de 21,35 semanas (149,45 días) en individuos de *P. geniculatus* colectados en Amalfi, Antioquía – Colombia, mantenidos a temperatura de  $28 - 30^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de 95%, queda claro que existen diferencias significativas. Estos resultados sugieren que la humedad relativa además de influir en acelerar el periodo de incubación, agiliza el desarrollo de los estadios ninfales, lo cual, es una observación que respalda las apreciaciones sobre el requerimiento biológico de la especie de altos niveles de humedad relativa para un desarrollo óptimo.

Con relación a especies del género *Triatoma* se encontró que el ciclo de vida de *P. geniculatus* es más rápido que el publicado para *T. flavida* (32,9 semanas – 230,4 días), mantenido a  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $85 \pm 10\%$  HR y alimentado con sangre de gallina semanalmente (Cabello & Lizano, 2001); mientras que Galvao et al., (1999) reportan que *T. melanosa* tarda 27,4 semanas (192 días) bajo condiciones de  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $80 \pm 5\%$  HR y alimentado con paloma semanalmente, por tanto no presenta diferencias significativas con los resultados de *P. geniculatus* en el presente estudio.

**5.2.1.3** Duración en semanas del ciclo de vida de la cohorte sometida a  $30^{\circ}\text{C}$ . El periodo de incubación promedio de esta cohorte fue de 2,86 semanas, lo que representa 20,02 días. Al compararse con resultados obtenidos para la misma especie se encontró que es menor al registrado por Cabello & Galíndez (1998) y Rabinovich & Feliciangeli (2015), los cuales utilizaron una temperatura menor ( $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa de 90 y 60%,

respectivamente. Esta comparación revela de nuevo la importancia de la temperatura sobre los procesos biológicos de *P. geniculatus*, ya que a pesar del alto nivel de humedad relativa usado en el estudio de Cabello & Galíndez (1998), la temperatura es la que acelera la eclosión en este caso.

Al compararse con otras especies se halló que *P. geniculatus* no presentó diferencias significativas al reporte de Martínez et al., (2008) para *T. mexicana* (2,8 semanas – 19,5 días), mantenido a temperatura de  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $75 \pm 5\%$ ; por el contrario, presentó diferencias significativas con las 2,3 semanas (16 días) que tarda *T. tibiamaculata* en eclosionar sometido a  $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa de  $70 \pm 5\%$  (Silva, 1992).

El tiempo en semanas que tardó *P. geniculatus* en el presente tratamiento para llegar al estadio adulto fue de 31,85 semanas (30,56 – 33,15), lo que equivale a 222,95 días. Sorprende que el resultado del ciclo de vida sea más largo que el presentado en los anteriores tratamientos de 26 y  $28^{\circ}\text{C}$ , tema que se tratara en el siguiente ítem. Sin embargo, cuando se compara con los resultados de Cabello & Galíndez (1998) y Rabinovich & Feliciangeli (2015), de 39 y 39,38 semanas, respectivamente, continúa presentando diferencias significativas, las cuales pueden ser explicadas en el marco de la procedencia de las poblaciones objeto de estudio.

Al comparar este resultado con dos especies del género *Triatoma* se encontró que con ambas existen diferencias significativas. *T. mexicana* mantenido a  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $75 \pm 5\%$  HR y alimentado sobre conejo semanalmente reportó 37,8 semanas (264,6 días) valor que es significativamente superior; mientras que el resultado publicado por Galvao et al., (1999) para *T. melanosa* es significativamente inferior, pues mantenido a  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $80 \pm 5\%$  HR y alimentado sobre palomas presentó una duración de 29,7 semanas (208,4 días).

**5.2.1.4** Comparación de los intervalos de confianza (IC) de la duración en semanas del ciclo de vida de *P. geniculatus* mantenido a tres temperaturas. Estudiar y comparar

diferentes tratamientos sobre individuos de la misma población, es decir, del mismo origen geográfico presenta ventajas y desventajas. Una ventaja es la reducción del sesgo en la comparación de los resultados por tratamiento, debido a las variaciones fenotípicas generadas por la adaptación a los diferentes entornos que habita una especie dada, en especial *P. geniculatus* que ocupa un rango geográfico tan amplio, sin embargo, es allí donde estriba la principal desventaja, ya que los resultados que se obtengan solo podrán representar una región geográfica reducida y difícilmente se podrá hacer extrapolaciones acertadas.

La comparación de los (IC) del tiempo expresado en semanas que tarda *P. geniculatus* en llegar al estadio adulto (Figura 16), se hará de la siguiente manera: primero se compararán los promedios del periodo de incubación entre las temperaturas y se discutirá en relación con estudios que han empleado una misma especie sometida a diferentes tratamientos; seguido se abordara el promedio total que tarda el ciclo de vida, entendiéndose este como el tiempo de duración desde que se deposita el huevo hasta que emerge el estadio adulto; y por último, se emprenderá una comparación por estadio ninfal entre las temperaturas. Es preciso mencionar que las comparaciones se harán en lo posible con estudios que hayan sido enfocados a determinar el efecto de las variables climáticas sobre el ciclo de vida de los triatominos.

El periodo de incubación de las tres cohortes mostró diferencias significativas; en la incubadora programada a 30°C el proceso de eclosión fue el más rápido, seguido por los individuos de la incubadora de 28°C, y por último los que estaban en la incubadora de 26°C. Estos resultados respaldan la idea de que el aumento de la temperatura acelera el periodo de incubación en varios tiratominos, por ejemplo, *Rhodnius neglectus* a temperatura de  $33 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $75 \pm 5\%$  presenta un periodo de incubación de 1,8 semanas (12,89 días), mientras que mantenido a  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  y la misma humedad relativa de  $75 \pm 5\%$  presentó un valor mayor de 2,1 semanas (14,77 días) (Rochas et al., 2001b); de igual forma, se observó que la reducción del periodo de incubación de *T. jurbergi* cuando se aumenta la temperatura puede llevar a ser del 50%, puesto que al hacer seguimiento a dos cohortes mantenidas a temperaturas de  $25 \pm$

0,5°C y  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  con humedad relativa constante de  $52 \pm 1\%$ , se encontró que los resultados fueron 4,9 semanas (34,6 días) para la cohorte mantenida a  $25^\circ\text{C}$  y 2,3 semanas (16,2 días) para los individuos mantenidos a  $30^\circ\text{C}$  respectivamente. Sin embargo, esta relación no es absoluta ya que existen excepciones en cuanto a la aceleración de la eclosión con mayor temperatura; de acuerdo con las apreciaciones de Silva & Silva (1990), *R. nasutus* aumenta su periodo de incubación a mayor temperatura, puesto que observaron que el tiempo de eclosión de las especie mantenida a  $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$  y  $75 \pm 5\%$  HR fue de 1,8 semanas (13 días), mientras que la misma especie mantenida a  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $75 \pm 5\%$  HR fue de 2,6 semanas (18 días).

El tiempo de duración expresado en semanas que tardo *P. geniculatus* desde huevo hasta llegar al estadio adulto, presentó diferencias significativas entre las temperaturas evaluadas. Los individuos mantenidos en la incubadora de  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  tardaron 26,96 semanas (25,98 – 27,22), por lo tanto, fue la cohorte que menos número de semanas necesitó para llegar a la madurez sexual, después vino la cohorte bajo condiciones de  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  la cual necesito 29,95 semanas (29,33 – 30,57), y finalmente los individuos de la incubadora de  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  que tardaron 31,85 semanas (30,56 – 33,15).

Llama la atención las observaciones que se hicieron en los individuos de la incubadora de  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , puesto que siendo el equipo con la temperatura más alta fue donde se necesitó mayor tiempo para alcanzar la madurez sexual, a pesar de que en la etapa de eclosión fueron los más rápidos. Estos resultados podrían ser explicados por dos razones principalmente: la primera, por un posible inconveniente técnico que se haya presentado durante el procedimiento experimental relacionado con la precisión del nivel de humedad relativa deseado, puesto que, dicha variable influye en el tiempo que tarda el ciclo de vida de *P. geniculatus* criado a esta temperatura, ya que se ha visto que altos niveles de humedad relativa disminuyen la duración de los estadios de esta especie (Cabello & Galíndez, 1998; Wolff & Gonzales, 1998); y la segunda, por respuesta natural de la especie mantenida bajo condiciones de temperatura de  $30^\circ\text{C}$  y humedad relativa de 70%, pues a pesar de ser un resultado atípico teniendo en cuenta los antecedentes en otras

especies de triatomíneos (Silva & Silva, 1989b), no se conocen estudios de *P. geniculatus* con este enfoque con los cuales se pueda contrastar los resultados del presente trabajo.

La segunda razón toma fuerza en el sentido de que la primera explicación es parcial, puesto que, al advertir la posible falta de precisión del tratamiento de  $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , se gestionó con el Centro de Investigaciones en Microbiología y Parasitología Tropical (CIMPAT) de la Universidad de los Andes, el préstamo de equipos de alta precisión para medir la temperatura y la humedad relativa (higrómetros Extech. Modelo: RHT-20), los cuales respaldan el buen funcionamiento de las tres incubadoras.

Por otra parte, al hacer la comparación entre el tiempo expresado en semanas que tarda en llegar la especie al estadio adulto, mantenida a  $26$  y  $28^{\circ}\text{C}$ , se encontró que presentan diferencias significativas; siendo la cohorte desarrollada en  $26^{\circ}\text{C}$  más lenta, alcanzado la madurez sexual en 29,95 semanas ( $29,33 - 30,57$ ), mientras que la cohorte en condiciones de  $28^{\circ}\text{C}$  tardó menos, desarrollándose en 26,96 semanas ( $25,98 - 27,22$ ).

Estos resultados se ajustan a los encontrados en otras especies de triatomíneos, por ejemplo, Martínez et al., (2008) observaron que *T. mexicana* mantenido en temperatura constante de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $75 \pm 5\%$  y alimentado semanalmente con sangre de conejo, presentó mayor velocidad con el tratamiento de alta temperatura (37,8 semanas), comparado con el de menor temperatura (40,9 semanas).

## **5.2.2 Mortalidad de *Panstrongylus geniculatus* sometido a tres temperaturas**

### **5.2.2.1 Porcentaje de eclosión y mortalidad de la cohorte sometida a $26^{\circ}\text{C}$ .**

Los huevos de *P. geniculatus* presentaron un porcentaje de eclosión de 90%, las causas de muerte observadas fueron la inviabilidad natural y la colonización de la matriz por colonias de hongos. El porcentaje de eclosión en el presente estudio no presentó diferencias significativas con los valores obtenidos por Cabello & Galíndez (1998), que fueron de 88,9% en condiciones de  $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $90 \pm 10\%$  HR; así mismo, fue similar al reporte



de Rabinovich & Feliciangeli (2015) que obtuvieron 92,2% a temperatura de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $70 \pm 5\%$ .

*P. geniculatus* presentó mortalidad en todos los estadios ninfales, resultado que es similar al obtenido por Rabinovich & Feliciangeli (2015) para la misma especie, sin embargo, es diferente al obtenido por Cabello & Galíndez (1998) que no observaron mortalidad en los estadios N3 y N4, esta diferencia puede deberse a los altos niveles de humedad que se emplearon en el diseño experimental de Cabello & Galíndez (1998), puesto que se sabe que la especie es exigente en humedad relativa (Lent & Wygodzinsky, 1979).

Los estadios mostraron un patrón irregular de mortalidad, debido a que en estadio N1 el porcentaje fue de 17,36%, descendiendo en estadio N2 a 4,2%, volviendo a subir en estadio N3 a 12,28%, bajando en estadio N4 a 9% y finalmente descendiendo a 5,49% en estadio N5. Este patrón fue similar al que presentó la especie *T. pallidipennis* mantenida en condiciones de  $25 \pm 4^{\circ}\text{C}$  y  $60 \pm 10\%$  HR (Martínez & Katthain, 1999).

El estadio N1 mostro mayor porcentaje de mortalidad, resultado que es compatible con lo reportado por varios autores como, Rabinovich (1973) que estudiando a *T. infestans* obtuvo 18,73%; lo mismo fue observado por Cabello & Galíndez (1998) para *P. geniculatus* (8,93%); Rocha et al., (2004) para *R. brethesi* (10,8%); y Martínez et al., (2007) reportaron mayor mortalidad en el estadio N1 para *T. lecticularia* y *T. protracta*, registrando 41,1 y 40,1%, respectivamente. De acuerdo con Galvao et al., (1999) el estadio N1 es propenso a morir debido a dificultades en el proceso alimentación generadas por fragilidad de la estructura bucal.

De los 160 huevos de la cohorte, 86 llegaron al estadio adulto, lo cual indica que el porcentaje acumulado de mortalidad de *P. geniculatus* mantenido en estas condiciones fue de 46,25%. Este valor presenta diferencias significativas con los porcentajes suministrados por Cabello & Galíndez (1998) y Rabinovich & Feliciangeli (2015), que obtuvieron 14,3 y 31,5%, respectivamente.

Dicha disparidad probablemente se generó porque el presente trabajo emprendió un diseño experimental diferente al planteado por Cabello & Galíndez (1998), en cuanto a la frecuencia de alimentación y los niveles de humedad relativa, por lo tanto, podría sugerirse que el descenso de la mortalidad en la especie es debido a la humedad relativa apropiada.

Mientras que al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Rabinovich & Feliciangeli (2015), llama la atención que aun compartiendo todas las condiciones de experimentación, nuestros resultados son significativamente mayores; no obstante, esta diferencia puede explicarse a la luz de la variabilidad natural de la respuesta de las poblaciones empleadas, debido a su diferencia de origen geográfico, pues como se mencionó las poblaciones tienen orígenes distintos, Colombia y Venezuela.

**5.2.2.2** Porcentaje de eclosión y mortalidad de la cohorte sometida a 28°C. El porcentaje de eclosión en este tratamiento fue de 90%, al compararse con otras especies del género *Panstrongylus* se encontró que es mayor al registrado por *P. rufotuberculatus*, el cual obtuvo 84,4% de eclosión bajo condiciones de temperatura de  $24 \pm 2^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $94 \pm 4\%$ ; en contraste, *P. chinai* presentó mayor porcentaje de eclosión alcanzando 95,9% en condiciones de  $24 \pm 6$  y  $70 \pm 10\%$  HR.

*P. geniculatus* presentó mortalidad en todos los estadios ninfales, las muertes siguieron un patrón descendiente a medida que se avanzaba de un estadio a otro, y termino con un aumento en el estadio N5. El mayor porcentaje de mortalidad se presentó en el estadio N1 (25,69%), seguido por N2 (11,21%) y N5 (8,54%), estos resultados se ajustan al orden encontrado en la misma especie por Cabello & Galíndez (1998), los cuales observaron mayor porcentaje de mortalidad en los estadios N1 (8,93%), N2 (3,92%) y N5 (2,04%).

Normalmente los triatominos presentan mayor porcentaje de mortalidad en el estadio N1 y N5, debido a que son los instares de mayor riesgo per se (Galvao et al., 1999; Luz et al., 1999). La principal causa de muerte en el estadio N1 puede ser la incapacidad de alimentarse, de acuerdo a Martínez et al., (2008) se ha encontrado que los insectos

mueritos en este estadio, generalmente no presentan contenido intestinal significativo. Mientras que en el estadio N5 la muerte se da por la ocurrencia de ecdisis defectuosas o por la detención del proceso de muda a imago (Rabinovich, 1973; Rocha et al., 2001b), por ejemplo, *T. pallidipennis* es una especie que presentó mayor porcentaje de mortalidad en el estadio N5, mantenido a  $25 \pm 4^{\circ}\text{C}$ ,  $60 \pm 5\%$  HR y alimentado cada tres días con sangre de gallina (Martínez & Katthain, 1999).

En el presente trabajo los mayores porcentajes de mortalidad se dieron en los primeros dos estadios (N1=25,69% y N2=11,21%), comportamiento que se ha observado en el estudio que Guarneri, Pinto, Schofield & Steindel (1998) realizaron sobre *R. domesticus* (N1=12,3% y N2=3,5%), en condiciones de  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $75 \pm 5\%$  HR y alimentado sobre ratón cada 8 días; de igual forma sucedió con *R. brethesi* (N1=12,3% y N2=3,5%), mantenido a temperatura fluctuante ( $19\text{-}35^{\circ}\text{C}$ ) y alimentado cada 8 días (Rocha et al., 2004); y Martínez et al., (2007) reportaron que los estadios iniciales (N1=41,4% y N2=11,2%) fueron los que presentaron mayor mortalidad en *T. lecticularia* bajo condiciones de  $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $30 \pm 2\%$  HR y alimentado semanalmente sobre conejos.

En contraste, el estadio que presentó el menor porcentaje de mortalidad fue el N4, lo cual también fue reportado por Rabinovich & Feliciangeli (2015), quienes estudiaron la misma especie (1,7%) en condiciones de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $70 \pm 5\%$  HR y alimentados sobre gallina semanalmente; así mismo, Martínez & Katthain (1998) para la especie *T. pallidipennis*; y Guarneri et al., (1998) quienes publicaron que *R. domesticus* presentó 0% de mortalidad en el estadio N4. Por último, el porcentaje de mortalidad acumulado fue de 53,12%, significativamente mayor a los reportes de Cabello & Galíndez (1998) y Rabinovich & Feliciangeli (2015), que obtuvieron 14,3% y 31,5%, respectivamente. No obstante son comparables con *T. carcavalloii* que registro 57,2% de mortalidad mantenido a  $26^{\circ}\text{C}$ , 70% HR y alimentado sobre ratones semanalmente.

**5.2.2.3** Porcentaje de eclosión y mortalidad de la cohorte sometida a  $30^{\circ}\text{C}$ . El porcentaje de eclosión de esta cohorte fue de 61,87%, resultado que al compararse con estudios realizados sobre la misma especie es significativamente inferior, por ejemplo, al 88,9%

que registró Cabello & Galíndez (1998) para *P. geniculatus* mantenido a  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $90 \pm 5\%$  HR; igualmente, al reporte de Rabinovich & Feliciangeli (2015) quienes observaron una tasa de eclosión del 92,2% mantenido a  $26 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $60 \pm 5\%$ . Esta diferencia sugiere que es la temperatura la causal del alto porcentaje de mortalidad, puesto que los dos estudios citados aun sin compartir la humedad relativa, presentaron porcentajes de eclosión muy similares, mientras que al aumentar la temperatura  $4^\circ\text{C}$  en nuestro estudio se aumentó la mortalidad significativamente.

Los estadios que presentaron los mayores porcentajes de mortalidad en este tratamiento fueron N1 y N5 con valores de 48,48% y 12,20%, respectivamente, este resultado podría explicarse seguramente por los riesgos per se de estos estadios (Galvao et al., 1999) y además se ha reportado que el primer y quinto estadio son más sensibles que otros instares, independientemente de las condiciones ambientales (Luz et al., 1999). Martínez et al., (2007) reportaron que *T. gerstaecker* mantenido a temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  y humedad relativa de  $30 \pm 2\%$  y alimentados sobre conejos semanalmente, presentó mayor mortalidad en los estadios N5 (12,7%) y N1 (8%).

El porcentaje de mortalidad acumulado fue de 77,5%, es decir, 36 individuos de 160 llegaron al estadio adulto, lo cual es un resultado significativamente mayor a la mortalidad observada por Cabello & Galíndez (1998) y Rabinovich & Feliciangeli (2015), los cuales obtuvieron 14,13% y 31,5%, respectivamente para la misma especie. La diferencia entre la mortalidad que se obtuvo en el presente trabajo y los otros dos estudios, puede deberse a la variación en las condiciones de temperatura empleadas, que difirieron en  $4^\circ\text{C}$  más en nuestro estudio.

**5.2.2.4** Comparación de los intervalos de confianza binominales (ICB) del porcentaje de eclosión y de mortalidad de *Pasntrongylus geniculatus* mantenido a tres temperaturas. La comparación de los ICB del porcentaje de eclosión y mortalidad hasta llegar al estadio adulto (Figura 17), se hará de la siguiente manera: primero se comparara el porcentaje de mortalidad en la etapa de eclosión, seguido se hará una comparación del porcentaje

de mortalidad por estadio y por último se discutirá sobre el porcentaje de mortalidad acumulado.

Al comparar el porcentaje de mortalidad en la etapa de eclosión del tratamiento de 26°C que fue de 10%, con el tratamiento de 28°C que obtuvo el mismo valor 10% (5,50 – 14,69), se observa que no existen diferencias significativas, lo cual sugiere que el proceso de eclosión para la especie *P. geniculatus* no se ve afectado entre un rango de temperatura de 26-28°C. No obstante, cuando estos resultados se comparan con el tratamiento de 30°C, el cual obtuvo un valor significativamente superior de 38,13% (30,51 – 45,73), se puede deducir que *P. geniculatus* es sensible al aumento de la temperatura en 2°C en el etapa de incubación.

Con relación al porcentaje de mortalidad por estado ninfal se puede apreciar que en el estadio N1, se mantiene el patrón de diferencias significativas que se observó en el estadio anterior, es decir, tratamiento de temperatura 26 y 28°C sin diferencias, y estos con diferencias significativas con el tratamiento a 30°C. No obstante, si se toma en cuenta que el porcentaje de mortalidad más alto se dio en la incubadora de 30°C con 48,48% (38,46 – 58,80), seguido por la incubadora de 28°C con 25,69% (18,47 – 32,91), y finalmente la incubadora de 26°C con 17,36% (11,10 – 23,62), se puede asumir que la disminución del porcentaje de mortalidad es directamente proporcional con el descenso de la temperatura.

En contraste, en el estadio N2 ningún tratamiento mostro diferencias significativas entre sí, el tratamiento con mayor mortalidad fue el de 28°C, el cual registró 11,21% (5,13 – 17,29), seguido por la cohorte sometida a 30°C que fue de 5,88% (0,80 – 12,56) y por último la incubadora programa a 26°C con 4,2% (0,54 – 7,85).

A pesar de que todos los tratamientos disminuyeron la tasa de mortalidad a medida que avanzaban de estadio, llama la atención la drástica reducción que se presentó en el tratamiento de 30°C de N1 a N2, lo cual sugiere que el aumento de la temperatura afecta mayormente al estadio N1 en esta especie. De igual forma, es llamativo que al comparar

la mortalidad de los estadios N3, N4 y N5 entre temperaturas no se presentaron diferencias significativas, lo cual respalda la apreciación de que el aumento de la temperatura en 2°C afecta a *P. geniculatus* en el proceso de eclosión y en el estadio N1.

Es preciso mencionar que la comparación de la mortalidad en el estadio N5, así no presente diferencias significativas, permite identificar ciertos aspectos que hacen suponer que, el aumento de la temperatura afecta negativamente la sobrevivencia en este instar. El tratamiento con mayor porcentaje de mortalidad fue el de 30°C con 12,20% (0,27 – 19,23), seguido por el tratamiento de 28°C el cual obtuvo 8,54% (2,35 – 14,21) y por último se ubicó el de 26°C reportando 5,49% (0,72 – 10,26), resultados que permiten observar una relación directamente proporcional entre el porcentaje de mortalidad y el aumento de la temperatura.

Se encontró que la mortalidad acumulada desde huevo hasta el estadio adulto fue mayor en el tratamiento de 30°C, el cual registró una tasa de mortalidad de 61,87%, lo que indica que 36 individuos de 160 llegaron a la madurez sexual, seguido por el tratamiento de 28°C con 53,12% (75 individuos) y finalmente el de 26°C con 46,25% (86 individuos). Conforme a estos resultados se puede aseverar que el aumento de la temperatura afecta negativamente la sobrevivencia de *P. geniculatus*, especialmente en los estadios N1 y N5, por lo tanto, aumentos en la temperatura ambiente previstos con el calentamiento global, seguramente impactaran sobre la distribución geográfica y la prevalencia de este vector.

## CONCLUSIONES

- Las condiciones óptimas para el establecimiento de colonias de *Panstrongylus geniculatus* en laboratorio, se dieron en el tratamiento programado a temperatura de  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa de  $70 \pm 5\%$ , fotoperiodo 12:12 y alimentadas semanalmente con sangre de gallinas.
- Temperaturas de  $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$  afectan negativamente la sobrevivencia de *Panstrongylus geniculatus* principalmente en la etapa de incubación (Huevo – N1) y en los estadios ninfales N1 y N5.
- Temperaturas de  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$  disminuyen la duración del ciclo de vida de *Panstrongylus geniculatus* comparadas con  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Por otra parte,  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$  no presentaron diferencias.
- Cuando *Panstrongylus geniculatus* se mantiene en condiciones fluctuantes de temperatura y humedad relativa ( $24 - 30^{\circ}\text{C}$  y  $60 - 80\%\text{HR}$ ), no presentan diferencias en la fertilidad al compararse con datos de la literatura, por ende, esta especie puede ser mantenida bajo este rango de condiciones fluctuantes en el laboratorio.
- Las estrategias de mantenimiento aquí diseñadas permitirán emprender estudios confiables que identifiquen los efectos de las variables climáticas, sobre el ciclo de vida del vector *Panstrongylus geniculatus* y sobre su capacidad vectorial de los diferentes genotipos de *Trypanosoma cruzi*.

## RECOMENDACIONES

- En este estudio se determinaron las condiciones óptimas de desarrollo y se compararon algunas variables de la biología de la especie bajo tres condiciones de temperatura, por tal razón, es necesario además de la mortalidad y el tiempo de desarrollo, determinar la fecundidad, fertilidad y longevidad de *Panstrongylus geniculatus* bajo tres temperaturas diferentes.
- *Panstrongylus geniculatus* es una especie con altas exigencias de humedad relativa, lo cual hace que su mantenimiento en condiciones de laboratorio sea difícil, por lo tanto, sería útil determinar los niveles óptimos de humedad relativa para lograr establecimientos efectivos de colonias en laboratorio.
- La transmisión eficaz de la enfermedad de Chagas se da por la combinación de un vector efectivo y un agente causal infeccioso y competente, el cual seguramente se verá influenciado por el calentamiento global, por lo tanto, es conveniente determinar bajo tres condiciones de temperaturas el tiempo en el cual se desarrollan las formas infectivas de *Trypanosoma cruzi* en *Panstrongylus geniculatus* y cuantificar la producción de tripomastigotes metacíclicos en la ampolla rectal de *P. geniculatus* infectados con diferentes genotipos de *T. cruzi* (I y II).



## REFERENCIAS

- Alarcón, B.; Díaz, Z.; Colmenares, C.; Ruiz, R.; Mauriello, L.; Muñoz, A. & Noya, O. (2015). Update on oral Chagas disease outbreaks in Venezuela: epidemiological, clinical and diagnostic approaches. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 110 (3), 377-386.
- Aldana, E.; Lizano, E. & Valderrama, A. (2001). Efecto de la alimentación con sangre humana sobre la fecundidad, fertilidad y ciclo biológico de *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae). *Rev. Biol. Trop.*, 49 (2), 689-692.
- Aldana, E.; Zamora, E. & Lizan, E. (2005). Ciclo biológico de *Rhodnius robustus* Larrousse, 1927 alimentado con sangre humana en condiciones de laboratorio. *Entomol. Vect.*, 12 (1), 53-60.
- Aldana, E.; Heredia, E.; Avendaño, F.; Lizano, E.; Concepción, J.; Bonfante, R.; Rodríguez, C. & Pulido, M. (2011). Análisis morfométrico de *Panstrongylus geniculatus* de Caracas, Venezuela. *Biomedica*, 31, 108-117.
- Altizer, S.; Ostfeld, R.; Johnson, P.; Kutz, S. & Harvell, D. (2013). Climate Change and Infectious Diseases: From Evidence to a Predictive Framework. *Science.*, 331, 514 – 519.
- Angulo, V.; Esteban, L. & Luna, K. (2012). *Attalea butyracea* próximas a las viviendas como posible fuente de infestación domiciliaria por *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) en los Llanos Orientales de Colombia. *Biomédica*, 32 (2), 277 – 285.
- Aransay, A.; Testa, J.; Morillas, F.; Lucientes, J. & Ready, P. (2004). Distribution of sandfly species in relation to canine leishmaniasis from the Ebro Valley to Valencia, northeastern Spain. *Parasitol. Res.*, 94, 416 – 420. <http://dx.doi:10.1007/s00436-004-1231-4>
- Araujo, T.; Telleria, J. & Dalenz, J. (2017). History of the discovery of the American Trypanosomiasis (Chagas disease). Pp. 1-22 in Telleria, J., Tibayrenc, M. (eds). *American Trypanosomiasis Chagas Disease One Hundred Years of Research*. (2ed). Elsevier.
- Arévalo, A.; Carranza, J.; Guhl, F.; Clavijo, J. & Vallejo, G. (2007). Comparación del ciclo de vida de *Rhodnius colombiensis* Moreno, Jurberg & Galvão, 1999 y *Rhodnius*

- prolixus* Stal, 1872 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) en condiciones de laboratorio. *Biomedica*, 27(1), 119 – 129.
- Bargues, M.; Schofield, C. & Dujardin, J. (2010). Classification and phylogeny of the Triatominae. Pp. 275-299 in Telleira, J., Tivayrenc, M. (Eds). *American Trypanosomiasis Chagas Disease*. 1ed. Elsevier. <http://dx.doi:10.1016/B978-0-12-384876-5.00006-x>
- Beck, L.; Nelson, W.; Paaijmans, K.; Read, A.; Thomas, M. & Bjørnstad, O. (2013). The effect of temperature on *Anopheles* mosquito population dynamics and the potential for malaria transmission. *Plos one.*, 8 e79276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079276>
- Benítez, J.; Araujo, B., Contreras, K.; Rivas, M.; Ramírez, P.; Guerra, W.; Calderon, N.; Terren, C.; Barrera, R. & Rodríguez, A. (2013). Urban outbreak of acute orally acquired Chagas disease in Táchira, Venezuela. *J Infect Dev Ctries*, 7 (8), 638-641. <http://dx.doi:10.3855/jidc.3620>
- Blaksley, J. & Carcavallo, R. (1968). La Enfermedad de Chagas-Mazza en la Argentina, Minist. Salud, Buenos Aires.
- Bouma, M. (2003). Methodological problems and amendments to demonstrate effects of temperature on the epidemiology of malaria. A new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972–89. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 97, 133 – 139.
- Botero, D. & Restrepo, M. (2012). Parasitosis humanas (Incluye animales venenosos y ponzoñosos). 5ed. Corporación para investigaciones biológicas. Medellín – Colombia.
- Braga, M.; Pinto, Z. & Lima, M. (1998). Life cycle and reproductive patterns of *Triatoma rubrofasciata* (De Geer, 1773) (Hemiptera: Reduviidae), under laboratory conditions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*, 93 (4), 539 – 542.
- Brusca, R. & Brusca, G. (2005). *Invertebrados*. McGraw-Hill Interamericana. España.
- Burgos, J.; Curto de Casas, S.; Carcavallo, R. & Galíndez, I. (1994). Global climate change influence in the distribution of some pathogenic complexes (Malaria and Chagas disease) in Argentina. *Entomol. Vect.*, 1, 69 – 78.

- Buxton, P. (1930). The biology of a blood-sucking bug, *Rhodnius prolixus*. *Trans. R. Entomol. Soc. London*, 78, 227 – 256.
- Cabello, D.; Lizano, E. & Valderrama, A. (1987). Estadísticas vitales de *Rhodnius neivai* Lent, 1953 (Hemiptera: Reduviidae) en condiciones experimentales. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 82 (4), 511 – 524.
- Cabello, D. & Galíndez, I. (1998). Vital Statistics of *Panstrongylus geniculatus* (Latreille 1811) (Hemiptera: Reduviidae) under Experimental Conditions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 93 (2), 257-262.
- Cabello, D. & Lizano, E. (2001). Biology of *Triatoma flavida* Neiva, 1911 (Hemiptera: Reduviidae) under Laboratory Conditions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 96, 1 – 3.
- Cáceres, A.; Troyes, L.; Gonzáles, A.; Llontop, E.; Bonilla, C.; Murias, E.; Heredia, N.; Velásquez, C. & Yáñez, C. (2002). Enfermedad de Chagas en la región nororiental del Perú. i. triatominos (Hemiptera, Reduviidae) presentes en Cajamarca y Amazonas. *Rev. Peru Med. Exp.*, 19 (1), 17-23.
- Castillo, D. & Wolff, M. (2000). Aspectos del comportamiento de los triatominos (Hemiptera: Reduviidae), vectores de la enfermedad de Chagas. *Biomedica*, 20, 59 – 64.
- Carrasco, H.; Torrellas, A.; García, C.; Segovia, M. & Feliciangeli, M. (2005). Risk of *Trypanosoma cruzi* I (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) transmission by *Panstrongylus geniculatus* (Hemiptera: Reduviidae) in Caracas (Metropolitan District) and neighboring States, Venezuela. *Int. J. Parasitol.*, 35 (13), 1379-1384.
- Carrasco, H.; Segovia, M.; Llewellyn, M.; Morocoima, A.; Urdaneta, S.; Martínez, C.; Martínez, C.; García, C.; Rodríguez, M.; Espinosa, R.; de Noya, B.; Díaz, Z.; Herrera, L.; Fitzpatrick, S.; Yeo, M.; Miles, M. & Feliciangeli, M. (2012). Geographical Distribution of *Trypanosoma cruzi* genotypes in Venezuela. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 6 (6), e1707.
- Carrasco, H.; Segovia, M.; Londoño, J.; Ortegoza, J.; Rodríguez, M. & Martínez, C. (2014). *Panstrongylus geniculatus* and four other species of triatomine bug involved in the *Trypanosoma cruzi* enzootic cycle: high risk factors for Chagas disease transmission in the Metropolitan District of Caracas, Venezuela. *Parasites Vectors*, 7 (602), 1 – 15.

- Carcavallo, R. & Martínez, A. (1972). Life cycles of some species of *Triatoma* (Hemiptera, Reduviidae). *Canadian. Entomol.*, 104, 699 – 704.
- Carcavallo, R.; Tonn, R.; Ortega, R.; Betancourt, P. & Carrasquero, B. (1978). Notas sobre la biología, ecología y distribución geográfica del *Rhodnius prolixus* Stal, 1859 (Hemiptera, Reduviidae). *Bol. Dir. Malario San Amb.*, 18, 175 – 198.
- Carcavallo, R.; Rocha, D.; Galíndez, I.; Sherlock, I.; Galvão, C.; Lent, H.; Martínez, A.; Tonn, R. & Cortón E. (1998a). Feeding sources and patterns. Pp. 537-560 in Carcavallo, R.; Galíndez, I.; Jurberg, J. & Lent, H. (Eds). *Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas*. Vol. II. Editora Fiocruz: Rio Janeiro – Brasil.
- Carcavallo, R.; Rodriguez, M.; Salvatella, R.; Curto de Casas, S.; Rocha, D.; Sherlock, I.; Galvão, C.; Rocha, D.; Galíndez, I.; Otero, M.; Martínez, A.; da Rosa, J.; Canale D.; Farr T. & Barata J. (1998b). Habitats and related fauna. Pp. 561-620 in Carcavallo, R.; Galíndez, I.; Jurberg, J. & Lent, H. (Eds). *Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas*. Vol. II. Editora Fiocruz. Rio Janeiro – Brasil.
- Carcavallo, R.; Curto de Casas, S.; Sherlock, I.; Galíndez, I.; Jurberg, J.; Galvao, C.; Mena, C. & Noireau, F. (1998c). Geographical distribution and alti-latitudinal dispersión. Pp. 747-792 in Carcavallo, R.; Galíndez, I.; Jurberg, J. & Lent, H. (Eds). *Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas*. Vol. III. Editora Fiocruz: Rio Janeiro – Brasil.
- Carcavallo, R.; Galíndez, G.; Catalá, S.; Jurberg, J.; Lent, H.; Galvao, C.; Barata, J. & Valderrama, A. (1998d). Some anatomic structures studied with scanning electronic microscopy (SEM). Pp. 299-393 in Carcavallo, R.; Galíndez, I.; Jurberg, J. & Lent, H. (Eds). *Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas*. Vol. I. Editora Fiocruz: Rio Janeiro – Brasil.
- Carcavallo, R. (1999). Climatic Factors Related to Chagas Disease Transmission. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 94 (1), 367 – 369.
- Cardozo, M.; Teves, S.; de Almeida, C.; Rocha, N.; Ribeiro, M.; dos Santos, J. & Montes, T. (2014). Biology of *Triatoma carcavalloei* Jurberg, Rocha & Lent, 1998 under laboratory conditions. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 47 (3), 307 – 312.
- Catalá, S. (1991). The biting rate of *Triatoma infestans* in Argentina. *Med. Vet. Entomol.*, 5, 325 – 333.

- CDC. (2014). Enfermedad Diarreica por Alimentos y Agua. Recuperado el 12 de septiembre 2017.  
[https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/food\\_waterborne.htm](https://www.cdc.gov/climateandhealth/effects/food_waterborne.htm)
- Chang, R. (2017). *Química*. 12° ed. McGraw Hill.
- Chiang, R. & Chiang, J. (2016). Reproductive physiology in the blood feeding insect, *Rhodnius prolixus*, from copulation to the control of egg production. *Journal of Insect Physiology*, 97, 27 – 37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2016.06.001>
- Clark, N. (1935). The effect of temperatura and humidity upon the eggs of the bug, *Rhodnius prolixus* (Hemipter; Reduviidae). *J. Anim. Ecol.*, 4, 82 – 87. <http://dx.doi:10.2307/1215>
- Crossa, R.; Hernández, M.; Caraccio, M.; Rose, V.; Valente, S.; Valente, V.; Moreno J.; Angulo, V.; Sandoval, C.; Roldán, J.; Vargas, F.; Wolff, M. & Panzera, F. (2002). Chromosomal evolution trends of the genus *Panstrongylus* (Hemiptera, Reduviidae), vectors of Chagas disease. *Infection, Genetics and Evolution*, 2, 47–56.
- Cross, E. & Hyams, K. (1996). The potential effect of global warming on the geographic and seasonal distribution of phlebotomus papatasi in southwest Asia. *Environ health Perspect*, 104, 724 – 727.
- Curto de Casas, S. & Carcavallo, R. (1984). Límites del triatomismo en la Argentina. I: Patagonia. *Chagas*, 1, 35 – 40.
- Curto de Casas, S.; Carcavallo, R.; Mena, C. & Galíndez, I. (1994). Bioclimatic factors of Triatominae distribution. Useful techniques for studies on climate change. *Entomol. Vect.*, 1, 51 – 67.
- Damborsky, M.; Bar, M. & Oscherov, E. (2001). Detección de triatominos (Hemiptera: Reduviidae) en ambientes domésticos y extradomésticos. Corrientes, Argentina. *Cad. Saúde Pública*, 17 (4), 843 – 849.
- Damborsky, M.; Bar, M. & Gorla, D. (2005). Life cycle ramd reproductive patterns of triatom rubrivaria (Blanchard, 1843) (Hemiptera: Reduviidae) under constant and fluctuating conditions of temperatura and humidity. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 38 (5), 433 – 437.

- DaSilva, J.; Garanganga, B.; Teveredzi, V.; Marx, S.; Mason S. & Connor S. (2004). Improving epidemic malaria planning, preparedness and response in Southern Africa. *Malaria Journal*, 3 (37), 1 – 5. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-3-37>
- Depickère, S.; Durán, P.; López, R. & Chávez T. (2011). Presence of intradomicile colonies of the triatomine bug *Panstrongylus rufotuberculatus* in Muñecas, La Paz, Bolivia. *Acta Tropica*, 117 (2), 97 – 100.
- Depickère, S.; Durán, P.; López, R.; Martínez, E. & Chávez, T. (2012). After five years of chemical control: colonies of the triatomine *Eratyrus mucronatus* are still present in Bolivia. *Acta Tropica*, 123 (3), 234 – 238.
- Dias, J.; Bastos, C.; Araújo, E.; Mascarenhas, A.; Netto, E.; Grassi, F.; Silva, M.; Tatto, E.; Mendonça, J.; Freitas, R.; Shikanai, M. & Aras, R. (2008). Acute Chagas disease outbreak associated with oral transmission. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 41: 296-300. <http://dx.doi.org/10.1590/S0037-86822008000300014>
- Dias, J.; Queiroz, D.; Martins, H.; Gorla, D.; Pires, H. & Diotaiuti, L. (2016). Spatial distribution of triatomines in domiciles of an urban area of the Brazilian Southeast Region. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 111 (1), 43 – 50.
- Díaz, M. & González, C. (2014). Enfermedad de Chagas agudo: transmisión oral de *Trypanosoma cruzi* como una vía de transmisión re-emergente. *Rev. Univ. Ind. Santander Salud*, 46 (2), 177 – 188.
- Diniz-Filho, J.; Ceccarelli, S.; Hasperué, W. & Rabinovich, J. (2013). Geographical patterns of Triatominae (Heteroptera: Reduviidae) richness and distribution in the Western Hemisphere. *Insect Conservation and Diversity*, 6 (6), 704 – 714. <http://dx.doi:10.1111/icad.12025>
- Dujardin, J.; Schofield, C. & Panzera, F. (2002). *Los vectores de la enfermedad de Chagas*. Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer. Bruselas – Bélgica.
- EEA (Agencia Europea del Medio Ambiente). (2008). *Impact of Europe's Changing Climate—2008 Indicator-based Assessment*. Joint EEA-JRC-WHO report. European Environment Agency, Copenhagen.
- Epstein, P. (2005). Climate Change and Human Health. *The New England Journal of Medicine*, 353 (14), 1433 – 1436.

- Esteban, L. & Angulo, V. (2011a). Estudio comparativo de la ovipostura de una cepa de laboratorio y una de campo de *Panstrongylus geniculatus* alimentadas con *Gallus domesticus* y *Mus musculus* BALB/c en condiciones de laboratorio. XX Congreso Latinoamericano de Parasitología. *Biomedica*, 31 (3) 253.
- Esteban, L. & Angulo, V. (2011b). Estandarización de las condiciones de ayuno y peso en ninfas de V instar de *Panstrongylus geniculatus* para su utilización en pruebas biológicas. XX Congreso Latinoamericano de Parasitología. *Biomédica*, 31 (3), 252 – 253.
- Feliciangeli, M.; Carrasco, H.; Patterson, J.; Suarez, B.; Martinez, C. & Medina M. (2004). Mixed domestic infestation by *Rhodnius prolixus* Stal, 1859 and *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811), vector incrimination, and seroprevalence for *Trypanosoma cruzi* among inhabitants in El Guamito, Lara state, Venezuela. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 71 (4), 501 – 505.
- Feo, O.; Solano, E.; Beingolea, L.; Aparicio, M.; Villagra, M.; Prieto, M.; García J.; Jimenez, P.; Betancourt, O.; Aguilar, M.; Beckmann, J.; Gastañeda, M.; Llanos, A.; Osorio, A. & Silveti. (2009). Cambio climático y salud en la región andina. *Rev. Peru Med. Exp. Salud Publica*, 26 (1), 83 – 93.
- Flórez, M. & Angulo, V. (2015). Cría masiva y uso de ninfas de *Rhodnius pallescens*, Barber, 1932 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) para ensayos biológicos. *Rev. UIS. Salud*, 47 (1), 15 – 22.
- Forero, D. (2008). The systematics of the Hemiptera. *Revista Colombiana de Entomología*, 34 (1), 1 – 21.
- Franzim, E.; Mendes, M.; Anhê, A.; Pelli, A.; Silva, M.; Rodrigues, V.; Sales, H. & Freire, C. (2017). The development of *Panstrongylus herreri* under fluctuating environmental conditions. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 50 (1), 121 – 125. <https://dx.doi.org/10.1590/0037-8682-0250-2016>
- Galíndez, I.; Carcavallo, R.; Jurberg, J.; Galvo, C.; Lent, H.; Barata, J.; Pinto, O. & Valderrama, A. (1998). External morphology and anatomy. Pp. 53-84 in Carcavallo, R.; Galíndez, I.; Jurberg, J. & Lent, H. (Eds). *Atlas of Chagas Disease Vectors in the Americas*. Vol. III. Editora Fiocruz: Rio Janeiro – Brasil.

- Gage, K.; Burkot, T.; Eisen R. & Hayes, E. (2008). Climate and Vector-borne Diseases. *American Journal of Preventive Medicine*, 35 (5), 436 – 450.  
<http://dx.doi:10.1016/j.amepre.2008.08.030>
- Gage, K. & Kosoy, M. (2005). Natural History of Plague: Perspectives from More than a Century of Research. *Annu. Rev. Entomol*, 50, 505 – 528.
- Galvão, C.; Jurberg, J.; Cunha, V. & Mello, R. (1995). Biologia do *Triatoma nitida* USINGER 1939 em laboratório (Hemiptera, Reduviidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 90, 657 – 663.
- Galvão, C.; Rocha, D.; Cunha, V.; Presgrave, O.; Jurberg, J. & Carcavallo, R. (1999). Influência da temperatura no ciclo de vida de *Triatoma melanosoma* Martinez, Olmedo & Carcavallo 1987 (Hemíptera, Reduviidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 94, 851 – 854.
- Galvão, C.; Carcavallo, R.; Rocha, D. & Jurberg, J. (2003). A checklist of the current valid species of the subfamily Triatominae Jeannel, 1919 (Hemiptera, Reduviidae) and their geographical distribution, with nomenclatural and taxonomic notes. *Zootaxa*, 202, 1 – 36.
- Garrouste, R. (2009). La première observation in natura de l'entomophagie de *Panstrongylus geniculatus* (Latreille 1811) hématophage vecteur de la maladie de Chagas (Hemiptera: Reduviidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 45 (3), 302 – 304.
- Gomez, A., & Silva, I. (2000). Influencia da temperatura na biología de triatomíneos. XXI. *Triatoma jurbergi* Carcavallo, Galvao & Lent, 1998 (Hemiptera, Reduviidae). *Artigo*, 29 (1), 85 – 93.
- Goncalvez, T.; Victorio, V.; Jurberg, J. & Cunha, V. (1988). Biologia do *Triatoma vitticeps* (Stal, 1859) em condicoes de laboratorio (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). I. ciclo evolutivo. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 83 (4), 519 – 523.
- González, C.; Paz, A. & Ferro, C. (2014). Predicted altitudinal shifts and reduced spatial distribution of *Leishmania infantum* vector species under climate change scenarios in Colombia. *Acta tropica*, 129, 83 – 90.
- Goula, M. & Mata, L. (2015). Classe Insecta: Orden Hemiptera: Suborden Heteroptera. *Idea - Sea*, 53, 1 – 30.



- Guarneri, A.; Pinto, C.; Schofield, C. & Steindel M. (1998). Population Biology of *Rhodnius domesticus* Neiva & Pinto, 1923 (Hemiptera: Reduviidae) under Laboratory Conditions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 93, 273 – 276.
- Guarneri, A.; Pereira, M. & Diotaiuti, L. (2000). Influence of the blood meal source on the development of *Triatoma infestans*, *Triatoma brasiliensis*, *Triatoma sordida* and *Triatoma pseudomaculata* (Heteroptera, Reduviidae). *Journal of Medical Entomology*, 37 (3), 373 – 379.
- Guarneri, A.; Lazzari, C.; Xavier, A.; Diotaiuti, L. & Lorenzo, M. (2003). The effect of temperatura on the behaviour and development of *Triatoma brasiliensis*. *Physiological Entomology*, 28, 185 – 191.
- Guhl, F.; Jaramillo, C.; Vallejo, G.; Yockteng, R.; Cárdenas, F.; Fornaciari, G.; Arriaza, B. & Aufderheide, A. (1999). Isolation of *Trypanosoma cruzi* DNA in 4,000-Year-Old Mummified Human Tissue From Northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology*, 108, 401 – 407.
- Guhl, F.; Aguilera, G.; Pinto, N. & Vergara, D. (2007). Actualización de la distribución geográfica y ecoepidemiología de la fauna de triatominos (Reduviidae: Triatominae) en Colombia. *Biomédica*, 27 (1), 143 – 162.
- Guhl, F. (2009). Enfermedad de Chagas: Realidad y perspectivas. *Rev. Biomed.*, 20, 228 – 234.
- Guhl, F. (2017). Geographical distribution of Chagas disease. Pp. 89-112 in Telleria, J., Tibayrenc, M. (eds). *American Trypanosomiasis Chagas Disease One Hundred Years of Research*. (2ed). Elsevier.
- Hack, W. (1955). Estudios sobre biología del *Triatoma infestans* (Klug, 1834) (Hemiptera, Reduviidae). *An. Inst. Med. Regional*, 4, 125 – 147.
- Hamilton, P. & Stevens, J. (2017). Classification and phylogeny of *Trypanosoma cruzi*. Pp. 321-344. in Telleria, J., Tibayrenc, M. (eds). *American Trypanosomiasis Chagas Disease One Hundred Years of Research*. (2ed). Elsevier.
- Harvell, C.; Mitchell, C.; Ward, J.; Altizer, J.; Dobson, A.; Ostfeld, R. & Samuel, M. (2002). Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296, 2158 – 2162.

- Henry, T. (2009). Biodiversity of heteróptera. Pp. 223-264 in Footitt, R. & Alder, P. *Insect biodiversity: Science and Society*. Wiley-Blackwell. ISBN: 978-1-405-15142-9.
- Hwang, W. & Weirauch, C. (2012). Evolutionary history of assassin bugs (Insecta: Hemiptera: Reduviidae): Insights from divergence dating and ancestral state reconstruction. *PLoS ONE* 7 (9), e45523. <http://dx.doi:10.1371/journal.pone.0045523>
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.
- Jansen, A.; Xavier, S. & Roque, A. (2017). Ecological aspects of *Trypanosoma cruzi*: wild hosts and reservoirs. Pp. 243 – 259 in Telleria, J., Tibayrenc, M. (eds). *American Trypanosomiasis Chagas Disease One Hundred Years of Research*. (2ed). Elsevier.
- Juarez, E. (1970). Observações sobre o ciclo evolutivo do *Triatoma arthurneivai*, em condições de laboratório (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Saude. Plub*, 4 (1), 13 – 18.
- Jurberg, J. & Rangel, E. (1984). Ciclo biológico de *Rhodnius pallescens* Barber, 1932 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) em laboratório. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 79: 303 – 308.
- Jurberg, J.; Galvao, C.; Noireau, F.; Carcavallo, R.; Rocha, D. & Lent, H. (2004). Uma iconográfica dos triatomíneos (Hemiptera: Reduviidae). *Entomología y Vectores*, 11 (3), 457 – 494.

- Jurberg, J. & Galvao C. (2006). Biology, ecology, and systematics of Triatominae (Heteroptera, Reduviidae), vectors of Chagas disease, and implications for human health. *Neue*, 50, 1096 – 1116.
- Justi, S. & Galvão, C. (2016). The evolutionary origin of diversity in Chagas disease vectors. *Trends in Parasitology*, 33 (1), 42 – 52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2016.11.002>
- Kransdorf, E. Zakowskic, P. & Kobashigawa, J. (2014). Chagas disease in solid organ and heart transplantation. *Curr. Opin. Infect. Dis.*, 27, 418 – 424. <http://dx.doi:10.1097/QCO.0000000000000088>
- Laferty, K. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology*, 90 (4), 888 – 900.
- Lana, M. & Menezes, E. (2017). Biology of *Trypanosoma cruzi* and biological diversity. Pp. 345-370 in Telleria, J., Tibayrenc, M. (eds). American Trypanosomiasis Chagas Disease One Hundred Years of Research. (2ed). Elsevier.
- Lent, H. & Wygodzinsky, P. (1979). Revision of the Triatominae (Hemiptera: Reduviidae), and their significance as vectors of Chagas disease. *Bull. Am. Museum Nat. Hist.*, 163, 123–520.
- Liang, L. & Gong, P. (2017). Climate change and human infectious diseases: A synthesis of research findings from global and spatio-temporal perspectives. *Environment International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.011>
- Lipp, E.; Huq, A. & Colwell, R. (2002). Effects of global climate on infectious disease: the cholera model. *Clin. Microbiol. Rev.*, 15, 757 – 770.
- Lorosa, E.; dos Santos, C. & Jurberg, J. (2008). Foco de doença de Chagas em São Fidélis, no estado do Rio de Janeiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 41(4), 419 – 420.
- Luz, C.; Fargues, J. & Grunewald, J. (1999). Development of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Reduviidae) under Constant and Cyclic Conditions of Temperature and Humidity. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 94 (3), 403 – 409.
- Macedo, A.; Oliveira, R. & Pena, S. (2002). Chagas disease: role of parasite genetic variation in pathogenesis. *Expert. Rev. Mol. Med.*, 4, 1–16.

- Marcilla, A.; Bargues, M.; Abad-Franch, F.; Panzera, F.; Carcavallo, R.; Noireau, F.; Galvão, C.; Jurberg, J.; Miles, M.; Dujardin, J. & Mas-Coma, S. (2002). Nuclear rDNA ITS-2 sequences reveal polyphyly of *Panstrongylus* species (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), vectors of *Trypanosoma cruzi*. *Inf. Gen. Evol.*, 1, 225 – 235.
- Martens, W.; Niessen, L.; Rotmans, J.; Jetten, T. & McMichael, A. (1995). Potential impact of global climate change on malaria risks. *Environ Health Perspect*, 103 (5), 458 – 464.
- Martínez, J. & Katthain, G. (1999). Biology of *Triatoma pallidipennis* Stal 1945 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) under laboratory conditions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 94 (6), 837 – 839.
- Martínez, J.; Alejandre, R.; Paredes, E.; Martínez, M.; Solorio, M.; Noguera, B.; Trujillo, F. & Novelo, M. (2007). Biology of three species of North American Triatominae (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) fed on rabbits. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 102 (8), 925 – 930.
- Martínez, J.; Salazar, P.; Solorio, M.; Cabrera, M.; Novelo, M.; Vences, M.; Montes, O. & Noguera, B. (2008). Influence of temperature and humidity on the biology of *Triatoma mexicana* (Hemiptera; Reduviidae; Triatominae) under laboratory conditions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 103 (7), 719 – 723.
- Menesses, A. (2016). *Obtención y análisis de perfiles proteicos de glándulas salivares de cinco especies del género Rhodnius implicados en la transmisión selectiva de Trypanosoma cruzi*. Tesis de pregrado, Programa de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. Ibagué.
- Minato, K.; Kimura, E.; Shintoku, Y. & Uga, S. (2008). Effect of temperature on the development of free-living stages of *Strongyloides ratti*. *Parastology Research*, 102, 315 – 319.
- Moncayo, A. & Silveira, A. (2017). Current epidemiological trends of Chagas disease in Latin America and future challenges: epidemiology, surveillance, and health policies. Pp. 59-88 in Telleria, J. & Tibayrenc, M. (Eds). *American trypanosomiasis Chagas disease: one hundred years of research*. (2ed). Elsevier.

- Mosquera, K.; Villacís, A. & Grijalva, M. (2016). Life Cycle, Feeding, and Defecation Patterns of *Panstrongylus chinai* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae) Under Laboratory Conditions. *Journal of Medical Entomology*, 1 – 6. <http://dx.doi:10.1093/jme/tjw027>
- Neiva, A. (1913). Informações sobre a biologia da vinchuca, *Triatoma infestans* Klug. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 5, 24 – 31.
- Nicholls, R.; Cucunubá, Z.; Knudson, A.; Flórez, A.; Montilla, M.; Puerta, C. & Pavia, P. (2007). Enfermedad de Chagas aguda en Colombia, una entidad poco sospechada. Informe de 10 casos presentados en el periodo 2002 a 2005. *Biomédica*, 27 (1), 8 – 17.
- Noireau, F. & Dujardin, J. (2010). Biology of Triatominae. Pp. 149-168 in Telleria, J. & Tibayrenc, M. (Eds). American Trypanosomiasis Chagas disease: one hundred years of research. Elsevier. London.
- Ogden, N. & Lindsay L. (2016). Effects of climate and climate Change on vectors and vector-Borne Diseases: Ticks Are Different. *Trends in Parasitology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pt.2016.04.015>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2003). Cambio climático y salud humana: Riesgos y respuestas: Resumen. Ginebra – Suiza.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2010). First WHO report on neglected tropical diseases: working to overcome the global impact of neglected tropical diseases. ed World Health Organization/WHO Press.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2015). Weekly epidemiological record relevé épidémiologique hebdomadaire. *Weekly Epidemiological Record*, 90 (6), 33 – 44. <http://www.who.int/wer/2015/wer9006.pdf>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2016). Género, cambio climático y salud. Ginebra – Suiza.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2017). La enfermedad de Chagas (trpanosomiasis americana). Recuperado el 20 de septiembre de 2017, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs340/es/>

- Palomeque, F.; Abad-Franch, F. & Grijalva, M. (2003). Notas sobre la biología y bionomía de *Rhodnius robustus* larrousse, 1927 (Hemiptera: Reduviidae, Triatominae). *Rev. Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 71, 49 – 60.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421, 37– 42.
- Parra, G.; Flórez, M. & Angulo, V. (2015). Vigilancia de Triatominae (Hemiptera: Reduviidae). Sic Editorial Ltda. Bogotá – Colombia.
- Parra, G.; Suárez, L. & González, S. (2016). Potential Distribution of Chagas Disease Vectors (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) in Colombia, Based on Ecological Niche Modeling. *Journal of Tropical Medicine*, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1439090>
- Patterson, J.; Barbosa, S. & Feliciangeli, M. (2009). On the genus *Panstrongylus* Berg 1879: Evolution, ecology and epidemiological significance. *Acta Tropica*, 110, 187 – 199.
- Peixoto, R. & Jurberg, J. (2014). Biologia de *Rhodnius stali* Lent, Jurberg & Galvão e *Rhodnius pictipes* Stål (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae) em condições de Laboratório. *EntomoBrasilis*, 7 (3), 193 – 198. <http://dx.doi:10.12741/ebrasilis.v7i3.430>
- Pereira, K.; Schmidt, F.; Guaraldo, A.; Franco, R.; Dias, V. & Passos, L. (2009). Chagas Disease as a Foodborne Illness. *Journal of Food Protection*, 72 (2), 441– 446.
- Pereira, P. & Navarro, E. (2013). Challenges and perspectives of Chagas disease: a review. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 19 (34), 1 – 8. <http://dx.doi:10.1186/1678-9199-19-34>
- Pérez, N.; Mier, M. & Umaran, A. (2015). Clase Insecta: Orden Hemiptera: Subórdenes Cicadomorpha, Fulgoromorpha y Sternorrhyncha. *Idea-Sea*, 54, 1 – 18.
- Pífano, C. (1969). Algunos Aspectos en la Ecología y Epidemiología de las Enfermedades Endémicas con Focos Naturales en el Area Tropical, Especialmente en Venezuela. *Of Public. Bibliot. Arch. Min. San. Asist. Social*, Caracas, 297 pp.

- Pontes, R.; Freeman, J.; Oliveira, J.; Hodgson, J. & Spielman, A. (2000). Vector densities that potentiate dengue outbreaks in a Brazilian city. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 62, 378 – 383.
- Poulin, R. (2006). Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. *Parasitology*, 132, 143 – 151.
- Rabinovich, J. (1973). Vital statistics of triatominae (Hemiptera: Reduviidae) under laboratory conditions. *J. Med. Ent.*, 9 (4), 351 – 370.
- Rabinovich, J.; Pietrokovsky, S. & Wisnivesky, C. (2006). Temperature and development rate of *Triatoma guasayana* (Hemiptera: Reduviidae) eggs under laboratory conditions: physiological and adaptive aspects. *Physiological Entomology*, 31, 361 – 370.
- Rabinovich, J. & Nieves, E. (2011). Vital statistics of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) under laboratory conditions: III. *Rhodnius neglectus*. *J. Med. Entomol.* 48, 775 – 787.
- Rabinovich, J. & Feliciangeli, M. (2015). Vital statistics of Triatominae (Hemiptera: Reduviidae) under laboratory conditions: IV. *Panstrongylus geniculatus*. *J. Med. Entomol.*, 52 (5), 797 – 805.
- Ramírez, J.; Montilla, M.; Cucunubá, Z.; Floréz, A.; Zambrano, P. & Guhl, F. (2013). Molecular Epidemiology of Human Oral Chagas Disease Outbreaks in Colombia. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, 7 (2), e2041. <http://dx.doi:10.1371/journal.pntd.0002041>
- Reiter, P. (2001). Climate change and mosquito-borne disease. *Environ Health Perspect*, 109 (1), 141 – 161.
- Reiter, P.; Lathrop, S.; Bunning, M.; Biggerstaff, B.; Singer, D.; Tiwari, T.; Baber, L.; Amador, M.; Thirion, J.; Hayes, J.; Seca, C.; Mendez, J.; Ramirez, B.; Robinson, J.; Rawlings, J.; Vorndam, V.; Waterman, S.; Gubler, D.; Clark, G. & Edward Hayes. (2003). Texas Lifestyle Limits Transmission of Dengue Virus. *Emerging Infectious Diseases*, 9 (1), 86 – 89.
- Reyes, M. & Rodríguez, A. (2000). Domiciliation of sylvatic Chagas disease vector *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811) (Triatominae: Reduviidae) in Venezuela. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 94 (5), 508.

- Reyes, M. (2009). *Panstrongylus geniculatus* Latreille 1811 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae), vector de la enfermedad de Chagas en el ambiente domiciliario del centro-norte de Venezuela. *Rev. Biomed*, 20, 180 – 205.
- Reyes, M. & Angulo, V. (2009). Ciclo de vida de *Triatoma dimidiata* (Latreille, 1811) (Hemiptera, Reduviidae) en condiciones de laboratorio: producción de ninfas para ensayos biológicos. *Biomédica*, 29, 119 – 126.
- Reyes, M.; Torres, A.; Esteban, L.; Flórez, M. & Angulo, V. (2017). Riesgo de transmisión de la enfermedad de Chagas por intrusión de triatomíneos y mamíferos silvestres en Bucaramanga, Santander, Colombia. *Biomédica*, 37, 68 – 78. <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v37i1.3051>
- Ribera, I.; Melic, A. & Torralba, A. (2015). Introducción y guía de los artrópodos. *Idea-Sea*, (2): 1 – 30.
- Ríos, J.; Arboleda, M.; Montoya, A.; Alarcón, E. & Parra, G. (2011). Probable brote de transmisión oral de enfermedad de Chagas en Turbo, Antioquia. *Biomédica*, 31, 185 – 195.
- Rocha, D.; Galvão, C. & Jurberg, J. (1994). Biologia do *Rhodnius pictipes* Stål 1872 em condições de laboratório (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 89, 265 – 270.
- Rocha, D.; da Fonseca, A.; Costa, F.; Jurberg, J. & Galvao, C. (1997). Development of *Rhodnius pictipes* Stal, 1872 fed on mice and through a silicone membrane (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 92, 553 – 558.
- Rocha, D.; Jurberg, J.; Carcavallo, R.; Presgrave, O.; Cunha V. & Galvão, C. (2001a). Influência da temperatura e umidade no desenvolvimento ninfal de *Rhodnius robustus*. *Rev. Saúde Públ.*, 35, 400 – 406.
- Rocha, D.; Jurberg, J.; Carcavallo, R.; Cunha, V. & Galvão, C. (2001b). Influência da temperatura e umidade na biologia de *Rhodnius neglectus* Lent 1954 em laboratório (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 34, 357 – 363.
- Rocha, D.; dos Santos, C.; Cunha, V.; Jurberg, J. & Galvão, C. (2004). Life cycle of *Rhodnius brethesi* Matta, 1919 (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae), a potential



- vector of Chagas disease in the Amazon region. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 99, 591 – 595.
- Rojas, M.; Pinazo, M.; Garcia, L.; Arteaga, M.; Uriona, L.; Gamboa, S.; Mejía, C.; Lozano, D.; Gascon, J.; Torrico, F. & Monteiro, F. (2016). *Trypanosoma cruzi* infected *Panstrongylus geniculatus* and *Rhodnius robustus* adults invade households in the Tropics of Cochabamba region of Bolivia. *Parasit. Vectors*, 9 (1), 158. <https://dx.doi.org/10.1186/s13071-016-1445-1>
- Rosa, J.; Justino, H.; Nascimento, J.; Mendonça, V.; Rocha, C.; Carvalho, D.; Falcone, R.; Azeredo, M.; Alevi, K. & Oliveira, J. (2017). A new species of *Rhodnius* from Brazil (Hemiptera, Reduviidae, Triatominae). *ZooKeys*, 675, 1 – 25. <https://doi.org/10.3897/zookeys.675.12024>
- Rueda, K.; Trujillo, J.; Carranza, J. & Vallejo, G. (2014). Transmisión oral de *Trypanosoma cruzi*: una nueva situación epidemiológica de la enfermedad de Chagas en Colombia y otros países suramericanos. *Biomédica*, 34, 631 – 641.
- Ruggiero, M.; Gordon, D.; Orrell, T.; Bailly, N.; Bourgoin, T.; Brusca, R.; Cavalier, T.; Guiry, M. & Kirk, M. (2015). A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLoS ONE*, 10 (4), e0119248. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- The Royal Society. (2011). Knowledge, Networks and Nations: Global scientific collaboration in the 21st century. (XX ed.). Londres, Inglaterra: Excelent in Science.
- Santalla, J.; Oporto, P.; Espinoza, E.; Rios, T. & Brutus, L. (2011). Primer brote reportado de la enfermedad de chagas en la Amazonía Boliviana: reporte de 14 casos agudos por transmisión oral de *Trypanosoma cruzi* en Guayaramerín, Beni-Bolivia. *Biofarbo*, 19 (1), 52 – 58.
- Sarkar, U.; Nascimento, S.; Barbosa, R.; Martins, R.; Nuevo, H.; Kalafanos, I.; Grunstein, I.; Flannery, B.; Dias, J.; Riley, L.; Reis, M. & Ko, I. (2002). Population-based case-control investigation of risk factors for leptospirosis during an urban epidemic. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 66 (5), 605 – 610.
- Schilman, P. & Lazzari, C. (2004). Temperature preference in *Rhodnius prolixus*, effects and possible consequences. *Acta Tropica*, 90, 115 – 122.

- Schofield, C.; Guhl, F.; Dujardin, J. & Moreno, J. (1997). Memorias: Curso postgrado genética poblacional aplicada al control vectorial de la enfermedad de Chagas. Universidad de los Andes, CIMPAT, Universidad de Antioquia.
- Schofield, C. & Galvão C. (2009). Classification, evolution, and species groups within the Triatominae. *Acta Tropica*, 110, 88 – 100.
- Segovia, M.; Carrasco, H.; Martínez, C.; Messenger, L.; Nessi, A.; Londoño, J.; Espinosa, R.; Martínez, C.; Alfredo, M.; Bonfante, R.; Lewis, M.; Noya, B.; Miles, M. & Llewellyn, M. (2013). Molecular Epidemiologic Source Tracking of Orally Transmitted Chagas Disease, Venezuela. *Emerging Infectious Diseases*, 19 (7), 1098 – 1101. <http://dx.doi.org/10.3201/eid1907.121576>
- Silva, I. (1985). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. I. *Triatoma rubrovaria* (Blanchard 1843) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Goiana Med*, 31, 1 – 37.
- Silva, I. (1988). Influência da temperatura na biología de triatomíneos.VII. *Rhodnius prolixus* STÅL 1859 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Trop.*, 17, 145 – 155.
- Silva, I. (1989a). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. VIII – *Triatoma matogrossensis* Leite & Barbosa 1953 (Hemiptera, Reduviidae). *An. Soc. ent. Brasil*, 18, 91 – 94.
- Silva, I. (1989b). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. XII – *Triatoma platensis* Neiva 1913 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 18, 15 – 18.
- Silva, I. (1989c). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. XIV – *Triatoma protracta* (Uhler 1894) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 18, 77 – 80.
- Silva, I. (1990a). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. XIII. *Dipetalogaster maximus* (Uhler 1894) (Hemiptera, Reduviidae). *An. Soc. ent. Brasil*, 19, 111-114.
- Silva, I. (1990b). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. VI. *Triatoma brasiliensis* Neiva 1911 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Bras. Entomol.*, 34, 307-311.
- Silva, I. (1992). Influência da temperatura na biología de triatomíneos. XVII. *Triatoma tibiamaculata* (Pinto 1926) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 21, 27 – 31.

- Silva, I.; Badauy, R. & Santos, L. (1994). Ciclo evolutivo de *Triatoma delpontei* Romãa & Abalos, 1947 (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 23 (1), 107 – 111.
- Silva, I.; Fernandes, F. & Silva, H. (1995). Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. XX. *Triatoma maculata* (Erichson 1848) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 24 (1), 49 – 64.
- Silva, I. & Luz, E. (1993). Influence da temperatura na biología de triatominos. XIX. *Triatoma maculata* (Hemiptera, Reduviidae). *Acta. Biol. Par.*, 22 (1, 2, 3, 4), 77 – 82.
- Silva, I.; Santos, L. & Nakano, R. (1993). Ciclo evolutivo de *Triatoma lecticularia* (Stal, 1859) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 22 (2), 259 – 263.
- Silva, I. & Silva, H. (1988a). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. II. *Rhodnius neglectus* (Lent 1954) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Goiana Med.*, 34, 29 – 37.
- Silva, I. & Silva, H. (1988b). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. IV. *Triatoma infestans* (Klug 1834) (Hemiptera: Reduviidae). *An. Soc. Ent. Brasil*, 17, 443 – 454.
- Silva, I. & Silva, H. (1988c). Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. V. *Triatoma sordida* (Stål 1859) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 17, 133 – 144.
- Silva, I. & Silva, H. (1988d). Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. X. *Triatoma vitticeps* (Stål 1859) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Goiana Med.*, 34, 39 – 45.
- Silva, I. & Silva, H. (1988e). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. XI. *Rhodnius robustus* (Larrousse 1927) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Goiana Med.*, 34, 145 – 154.
- Silva, I. & Silva, H. (1989a). Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. IX. *Rhodnius nasutus* (Stål 1859) (Hemiptera, Reduviidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 84, 377 – 382.
- Silva, I. & Silva, H. (1989b) Estudo comparado do ciclo evolutivo de triatomíneos a duas temperaturas. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.*, 84 (4), 499 – 500.

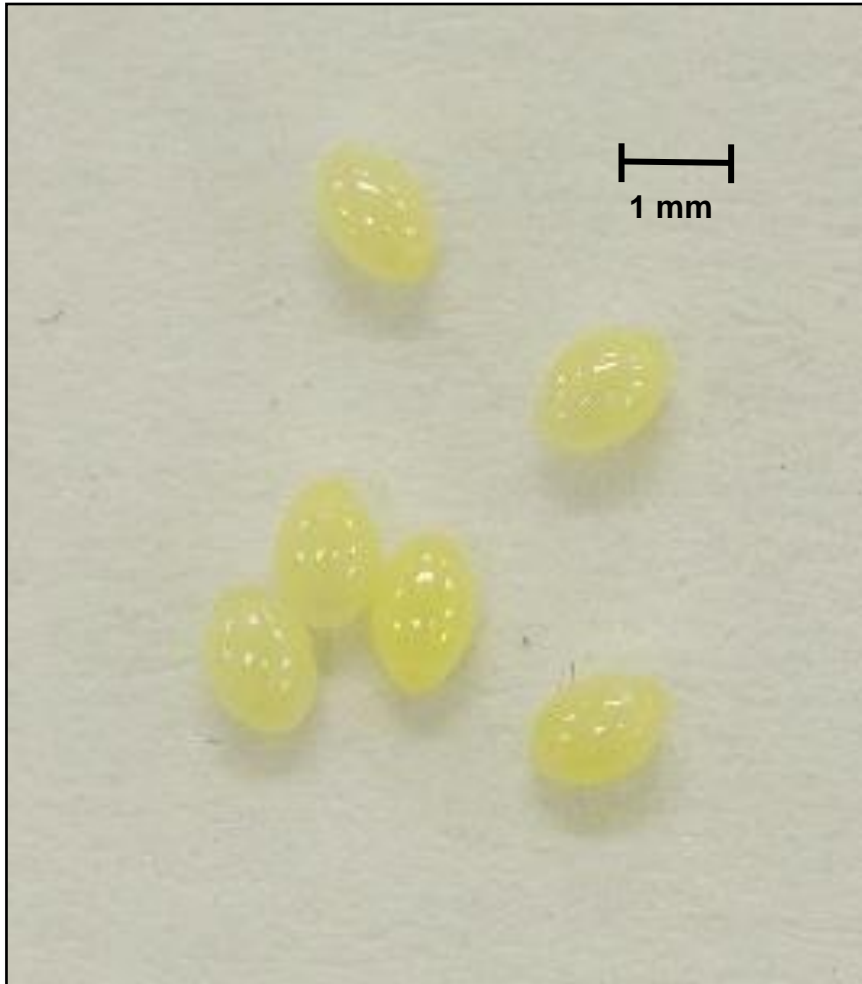
- Silva, I. & Silva, H. (1990a). Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. XV. *Rhodnius ecuadoriensis* (Lent & León 1958) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Goiana Med.*, 36, 49 – 53.
- Silva, I. & Silva, H. (1990b). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. XIV. *Rhodnius pictipes* (Stål 1872) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Pat. Trop.*, 19, 151 – 157.
- Silva, I. & Silva, H. (1991). Influência da temperatura na biologia de triatomíneos. XVI. *Panstrongylus herreri* (Wygodzensky 1948) (Hemiptera, Reduviidae). *Anais Soc. Entomol. Brasil*, 20, 277 – 281.
- Silva, I. & Silva, H. (1993). Influência da temperatura na biologia de Triatomíneos. III. *Panstrongylus megistus* (Burmeister 1835) (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Bras. Ent.*, 37, 489 – 496.
- Soares, M.; Santos, P. & Bento, D. (1995). The developmental cycle of *Rhodnius nasutus* Stal, 1859 studied in the laboratory. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*, 28, 113 – 116.
- Soto, H.; Tibaduiza, T.; Montilla, M.; Triana, O.; Suárez, D.; Torres, M.; Arias, M. & Lugo, L. (2014). Investigación de vectores y reservorios en brote de Chagas agudo por posible transmisión oral en Aguachica, Cesar, Colombia. *Cad. Saúde Pública*, 30 (4), 746 – 756.
- Steindel, M.; Pacheco, L.; Scholl, D.; Soares, M.; Hoehr, M.; Eger, I.; Kosmann, C.; Marques, T.; Hermes, P.; Fonseca, S.; de Carvalho, C. & Grisard, E. (2008). Characterization of *Trypanosoma cruzi* isolated from humans, vectors, and animal reservoirs following an outbreak of acute human Chagas disease in Santa Catarina State, Brazil. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 60, 25 – 32.
- Stevens, L.; Dorn, P.; Schmidt, J.; Klotz, J.; Lucero, D. & Klotz, S. (2011). Kissing bugs. The vectors of Chagas. *Adv Parasitol.*, 75, 169 – 192. <http://dx.doi:10.1016/B978-0-12-385863-4.00008-3>
- Toro, H.; Chiapa, T. & Tobar, M. (2003). *Biología de insectos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
- Valente, V. (1999). Potential for Domestication of *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811) (Liemiptera, Reduviidae, Triatominae) in the Municipality of Muaná, Marajó Island, State of Pará, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 94 (1), 399 – 400.

- Walther, G.; Post, E.; Convey, P.; Menzel, A.; Parmesan, C.; Beebee, T.; Fromentin, J.; Hoegh, O. & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389 – 395.
- Weirauch, C. & Munro, J. (2009). Molecular phylogeny of the assassin bugs (Hemiptera: Reduviidae), based on mitochondrial and nuclear ribosomal genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 53, 287 – 299.
- Weirauch, C.; Bérenger, J.; Berniker, L.; Forero, D.; Forthman, M.; Frankenberg, S.; Freedman, A.; Gordon, E.; Hoey, R.; Hwang, W.; Marshall, S.; Michael, A.; Paiero, S.; Uda, O.; Watson, C.; Yeo, M.; Zhang, G. & Zhang, J. (2014). An Illustrated Identification Key to Assassin Bug Subfamilies and Tribes (Hemiptera: Reduviidae). *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 26 <http://dx.doi:10.3752/cjai.2014.26>
- Wolff, M. & Gonzáles, C. (1998). Ciclo de vida de *Panstrongylus geniculatus* (Hemiptera: Reduviidae) en condiciones de laboratorio. *Caldasia*, 20 (1), 75 – 77.
- Wolff, M. & Castillo D. (2000). Evidencias de domesticación y aspectos biológicos de *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811) (Hemiptera: Reduviidae). *Acta Entomol. Chil.*, 24, 77-83.
- Wolff, M.; Castillo, D.; Uribe, J. & Arboleda, J. (2001). Tripanosomiasis americana: determinación de riesgo epidemiológico de transmisión en el municipio de Amalfi, Antioquia. *Latreia*, 14 (2), 111 – 121.
- Wolff, M.; Cuartas, E.; Velázquez, C. & Jaramillo, N. (2004). Development cycle of *Panstrongylus rufotuberculatus* (Hemiptera: Reduviidae) under laboratory conditions. *J. Med. Entomol.*, 41, 1010 – 1014.
- Wu, X.; Yongmei, L.; Zhou, S.; Chen, L. & Xu, B. (2016). Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment International*, 86, 14 – 23.
- Xiao, H.; Tian, H.; Gao, L.; Liu, H.; Duan, L.; Basta, N.; Cazelles, B.; Li, X.; Lin, X.; Wu, H.; Chen, B.; Yang, H.; Xu, B. & Grenfell, B. (2014). Animal reservoir, natural and socioeconomic variations and the transmission of Hemorrhagic Fever with Renal Syndrome in Chenzhou, China, 2006–2010. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 8, e2615.

- Zambrano, H. (2003). *Introducción al estudio de las ciencias de la tierra (Geociencias)*. Universidad Surcolombiana. Neiva – Colombia.
- Zeledón, R.; Guardia, V.; Zuniga, A. & Swartzwelder, J. (1979). Biology and ethology of *Triatoma dimidiata* (Latreille 1811). I. life cycle, amount of blood ingested, resistance to starvation and size of adults. *J. Med. Entomol.*, 7, 313 – 319.
- Zeledón, R.; Cordero, M.; Marroquín, R. & Lorosa, E. (2010). Life cycle of *Triatoma ryckmani* (Hemiptera: Reduviidae) in the laboratory, feeding patterns in nature and experimental infection with *Trypanosoma cruzi*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 105(1): 99-102.
- Zingales, B.; Miles, M.; Campbell, D.; Tibayrenc, M.; Macedo, A.; Teixeira, M.; Schijman, A.; Llewellyn, M.; Lages, E.; Machado, C.; Andrade, S. & Sturm, N. (2012). The revised *Trypanosoma cruzi* subspecific nomenclature: Rationale, epidemiological relevance and research applications. *Infection, Genetics and Evolution*, 12, 240–253.
- Zell, R. (2004). Global climate change and the emergence/re-emergence of infectious diseases. *Int. J. Med. Microbiol.*, 293 (37), 16 – 26.

**ANEXOS**

**Anexo A.** Huevos de *Panstrongylus geniculatus* al tercer día de postura.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

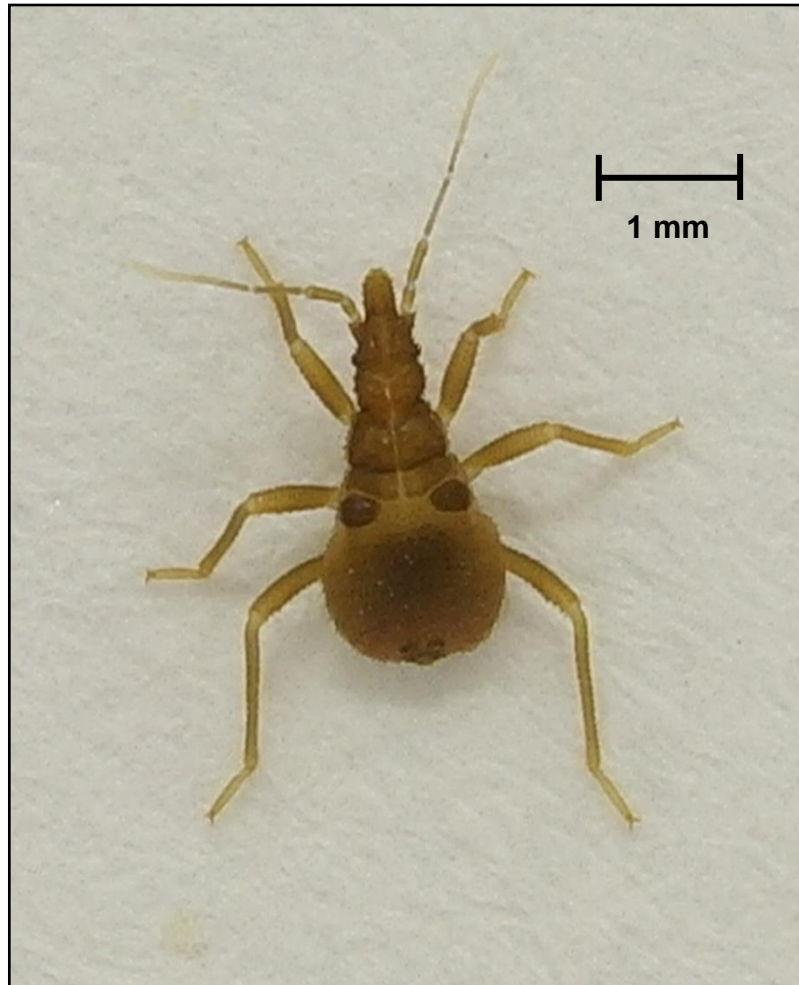


**Anexo B.** Huevos de *Panstrongylus geniculatus* al decimo segundo día de postura.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

**Anexo C.** Estadio ninfal I de *Panstrongylus geniculatus*.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

**Anexo D.** Estado ninfal II de *Panstrongylus geniculatus*.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

**Anexo E.** Estadio ninfal III de *Panstrongylus geniculatus*.



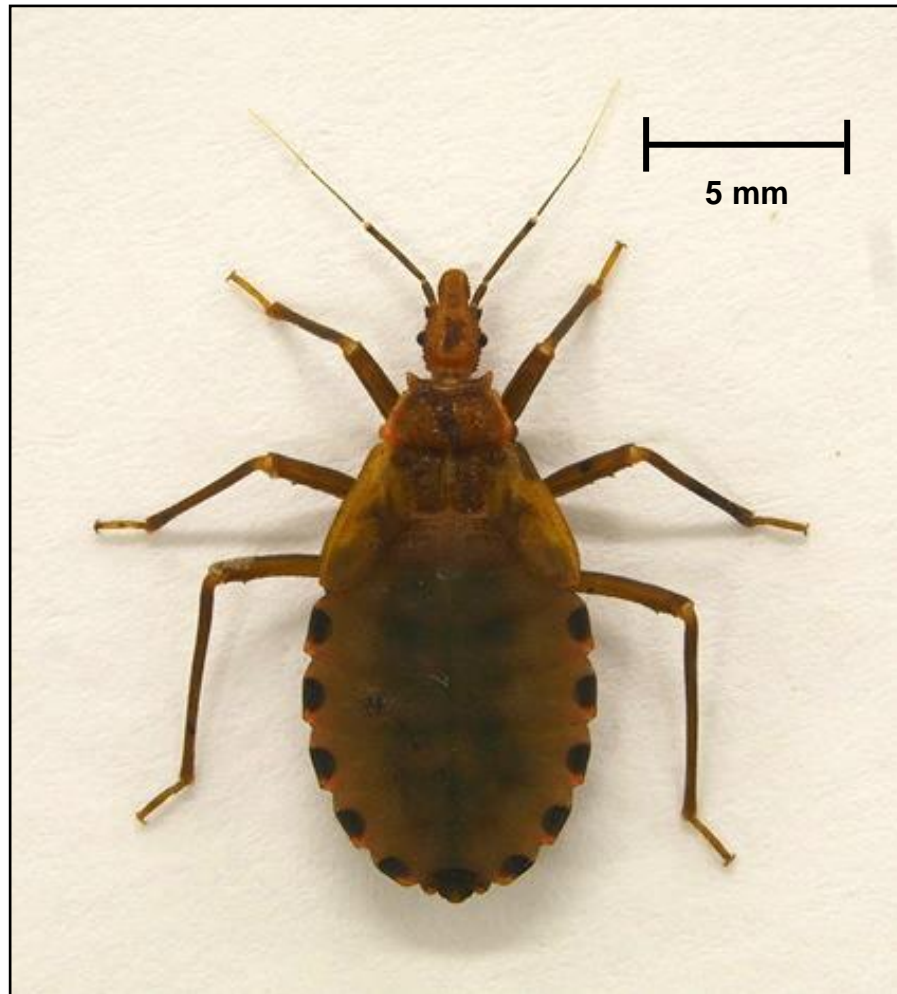
Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

**Anexo F.** Estadio ninfal IV de *Panstrongylus geniculatus*.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

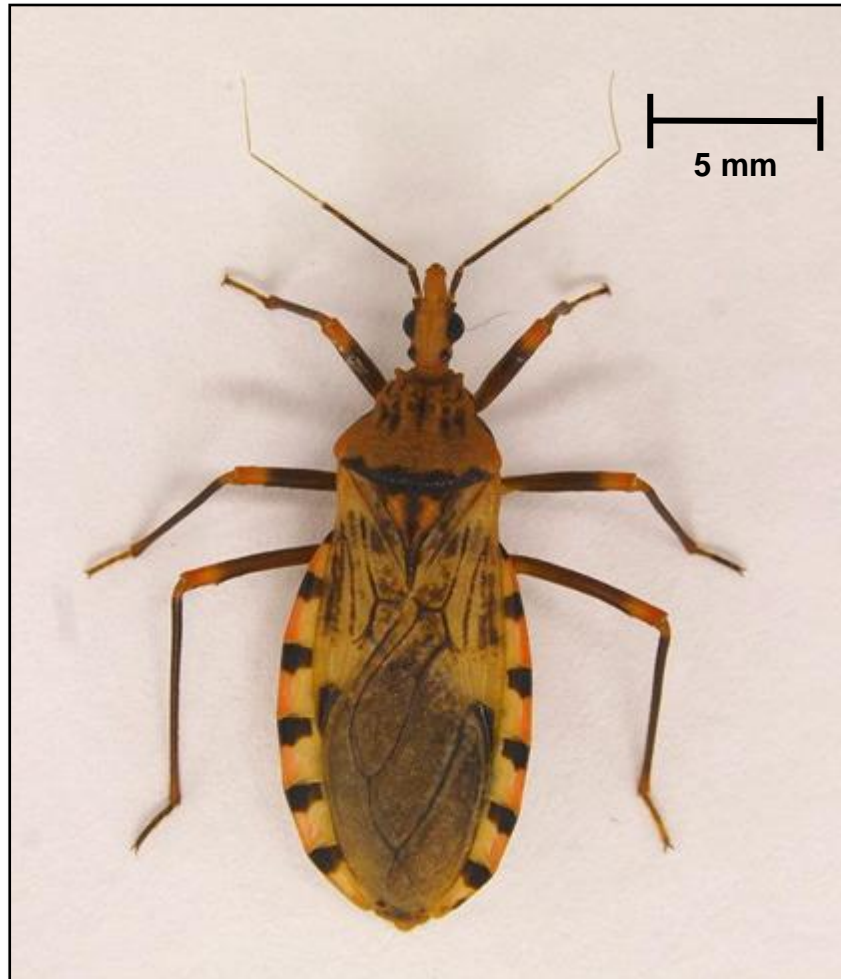
**Anexo G.** Estadio ninfal V de *Panstrongylus geniculatus*.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

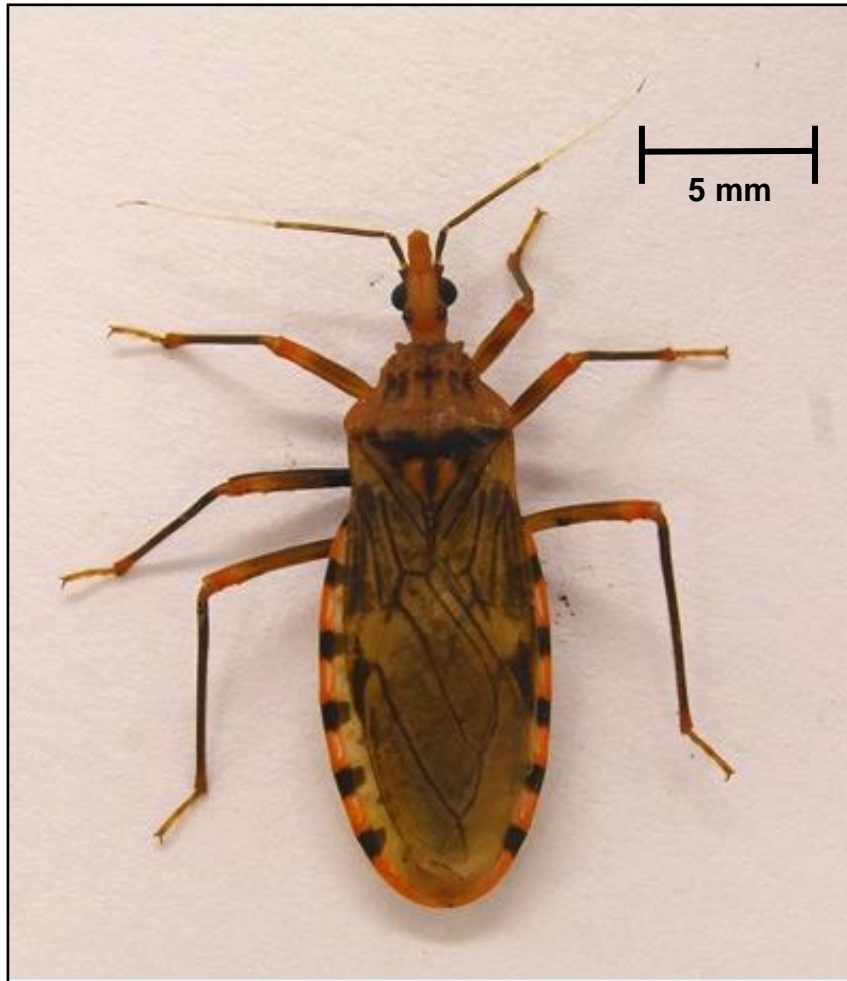


**Anexo H.** Estadio adulto de *Panstrongylus geniculatus*, hembra.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.

**Anexo I.** Estadio adulto de *Panstrongylus geniculatus*, macho.



Fuente: Fotografía de Cristian Rodríguez y montaje del Autor.



**Anexo J.** Formato donde se registró la eclosión y el número mudas de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 26°C.

Temperatura (26°C)						
Semana	Huevo	N2	N3	N4	N5	Ad
S 1	—	—	—	—	—	—
S 2	1	—	—	—	—	—
S 3	108	—	—	—	—	—
S 4	35	—	—	—	—	—
S 5	—	—	—	—	—	—
S 6	—	9	—	—	—	—
S 7	—	13	—	—	—	—
S 8	—	53	—	—	—	—
S 9	—	2	—	—	—	—
S 10	—	33	3	—	—	—
S 11	—	1	—	—	—	—
S 12	—	5	28	—	—	—
S 13	—	5	50	—	—	—
S 14	—	—	16	2	—	—
S 15	—	—	4	3	—	—
S 16	—	—	7	13	—	—
S 17	—	—	3	20	—	—
S 18	—	—	2	34	2	—
S 19	—	—	—	7	2	—
S 20	—	—	1	9	5	—
S 21	—	—	—	3	16	—
S 22	—	—	—	5	24	—
S 23	—	—	—	2	4	—
S 24	—	—	—	2	15	2
S 25	—	—	—	—	3	3
S 26	—	—	—	—	11	—
S 27	—	—	—	—	2	11
S 28	—	—	—	—	4	16
S 29	—	—	—	—	—	15
S 30	—	—	—	—	—	7

S 31	—	—	—	—	1	3
S 32	—	—	—	—	—	7
S 33	—	—	—	—	1	11
S 34	—	—	—	—	1	5
S 35	—	—	—	—	—	3
S 36	—	—	—	—	—	3
S 37	—	—	—	—	—	—
S 38	—	—	—	—	—	—
S 39	—	—	—	—	—	—
S 40	—	—	—	—	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>119</b>	<b>114</b>	<b>100</b>	<b>91</b>	<b>86</b>
<b>MORTALIDAD</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>9</b>	<b>5</b>

Ad: Adulto.

Fuente: Autor

**Anexo K.** Formato donde se registró la eclosión y el número mudas de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 28°C.

Temperatura (28°)						
Semana	Huevo	N2	N3	N4	N5	Ad.
S 1	—	—	—	—	—	—
S 2	1	—	—	—	—	—
S 3	143	—	—	—	—	—
S 4	—	—	—	—	—	—
S 5	—	—	—	—	—	—
S 6	—	2	—	—	—	—
S 7	—	29	—	—	—	—
S 8	—	44	—	—	—	—
S 9	—	27	1	—	—	—
S 10	—	3	10	—	—	—
S 11	—	—	2	—	—	—
S 12	—	1	24	1	—	—
S 13	—	—	34	1	—	—
S 14	—	—	18	12	—	—
S 15	—	1	4	13	—	—
S 16	—	—	1	18	2	—
S 17	—	—	—	15	2	—
S 18	—	—	—	12	4	—
S 19	—	—	1	14	12	—
S 20	—	—	—	—	18	1
S 21	—	—	—	—	13	1
S 22	—	—	—	—	17	4
S 23	—	—	—	—	1	7
S 24	—	—	—	—	11	2
S 25	—	—	—	—	—	7
S 26	—	—	—	1	—	6
S 27	—	—	—	—	—	10
S 28	—	—	—	—	—	18
S 29	—	—	—	—	—	6
S 30	—	—	—	—	—	7

S 31	—	—	—	—	1	2
S 32	—	—	—	—	—	—
S 33	—	—	—	—	1	3
S 34	—	—	—	—	—	—
S 35	—	—	—	—	—	—
S 36	—	—	—	—	—	—
S 37	—	—	—	—	—	—
S 38	—	—	—	—	—	1
S 39	—	—	—	—	—	—
S 40	—	—	—	—	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>107</b>	<b>95</b>	<b>87</b>	<b>82</b>	<b>75</b>
<b>MORTALIDAD</b>	<b>16</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

Ad: Adulto.

Fuente: Autor

**Anexo M.** Formato donde se registró la eclosión y el número mudas de *Panstrongylus geniculatus* sometido a 30°C.

Temperatura (30°)						
Semana	Huevo	N2	N3	N4	N5	Ad.
S 1	—	—	—	—	—	—
S 2	13	—	—	—	—	—
S 3	86	—	—	—	—	—
S 4	—	—	—	—	—	—
S 5	—	—	—	—	—	—
S 6	—	3	—	—	—	—
S 7	—	11	—	—	—	—
S 8	—	7	—	—	—	—
S 9	—	19	—	—	—	—
S 10	—	8	2	—	—	—
S 11	—	1	4	—	—	—
S 12	—	1	3	—	—	—
S 13	—	1	20	1	—	—
S 14	—	—	12	—	—	—
S 15	—	—	2	—	—	—
S 16	—	—	3	7	—	—
S 17	—	—	1	9	1	—
S 18	—	—	1	13	—	—
S 19	—	—	—	4	—	—
S 20	—	—	—	3	—	—
S 21	—	—	—	4	3	—
S 22	—	—	—	1	2	—
S 23	—	—	—	1	6	1
S 24	—	—	—	2	12	—
S 25	—	—	—	—	1	—
S 26	—	—	—	—	4	—
S 27	—	—	—	—	6	1
S 28	—	—	—	—	4	3
S 29	—	—	—	—	—	8
S 30	—	—	—	—	—	2

S 31	—	—	—	—	1	1
S 32	—	—	—	—	—	5
S 33	—	—	—	—	—	3
S 34	—	—	—	—	—	4
S 35	—	—	—	—	—	—
S 36	—	—	—	—	1	2
S 37	—	—	—	—	—	2
S 38	—	—	—	—	—	—
S 39	—	—	—	—	—	3
S 40	—	—	—	—	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>51</b>	<b>48</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>35</b>
<b>MORTALIDAD</b>	<b>61</b>	<b>48</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

Ad: Adulto.

Fuente: Autor

**Anexo N.** Tiempo transcurrido desde huevo a adulto expresado en semanas de *Panstrongylus geniculatus* mantenido a tres temperaturas.

		No-N1	N1-N2	N2-N3	N3-N4	N4-N5	N5-Ad.
<b>26°C</b>	<b>Min</b>	2	6	10	14	18	24
	<b>Max</b>	4	13	17	24	34	36
	$\bar{x}$	3,23	8,68	13,32	18,13	23,24	29,95
	<b>S<sup>2</sup></b>	0,195	2,829	2,522	4,04	8,35	8,41
	<b>S</b>	0,44	1,68	1,58	2,01	2,89	2,90
<b>28°C</b>	<b>Min</b>	2	6	9	12	16	20
	<b>Max</b>	3	15	16	19	33	38
	$\bar{x}$	2,99	8,10	12,71	16,54	20,81	26,96
	<b>S<sup>2</sup></b>	0,0069	1,319	2,226	4,04	6,50	10,2
	<b>S</b>	0,083	1,178	1,49	2,01	2,55	3,20
<b>30°C</b>	<b>Min</b>	2	6	10	13	17	23
	<b>Max</b>	3	13	18	22	36	39
	$\bar{x}$	2,86	8,58	13,35	18,33	24,87	31,85
	<b>S<sup>2</sup></b>	0,115	2,086	2,529	5,01	9,61	14,13
	<b>S</b>	0,33	1,44	1,59	2,24	3,10	3,76

Min: mínimo. Max: máximo.  $\bar{x}$ : promedio. S<sup>2</sup>: desviación estándar. S: varianza

Fuente: Autor

**Anexo Ñ.** Porcentaje de mortalidad registrada desde huevo a adulto de *Panstrongylus geniculatus* mantenido a tres temperaturas.

Estadios	26°C			28°C			30°C		
	M	T	Promedio (%)	M	T	Promedio (%)	M	T	Promedio (%)
<b>H - N1</b>	16	160	10	16	160	10%	61	160	38,13
<b>N1 - N2</b>	25	144	17,36	37	144	25,69%	48	99	48,48
<b>N2 - N3</b>	5	119	4,2	12	107	11,21%	3	51	5,88
<b>N3 - N4</b>	14	114	12,28	8	95	8,42%	3	48	6,25
<b>N4 - N5</b>	9	100	9	5	87	5,75%	4	45	8,89
<b>N5 - Ad</b>	5	91	5,49	7	82	8,54%	5	41	12,2
<b>Ad</b>		86			75			36	
<b>Total</b>	<b>74</b>		<b>46,25</b>	<b>85</b>		<b>53,12%</b>	<b>111</b>		<b>69,37%</b>

M: número de muertos. T: número de individuos en el estadio

Fuente: Autor



**Anexo O.** Cuadro comparativo de la duración en semanas y días del periodo de incubación y del ciclo de vida de algunos triatominos. P.S.: Promedio de semanas. P.D.: Promedio de días. Min: Mínimo de días. Max: Máximo de días.

Género	Especie	Duración eclosión				Duración estados ninfales		Duración ciclo de vida		Condiciones	Referencia
		P.S.	P.D.	Min	Max	P.S.	P.D.	P.S.	P.D.		
<i>Rhodnius</i>	<i>R. brethesi</i>	2,4	17,04	7	21	16,4	115,4	—	—	T= Fluctuante (19-35°C); Fe= Cada 8 días	Rocha, dos Santos, Cunha, Jurberg & Galvão (2004)
	<i>R. colombiensis</i>	2,3	16,2	15	19	18,3	128,2	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 75-80%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Arevalo et al., (2007)
	<i>R. domesticus</i>	2,2	15,6	14	17	11,2	78,2	—	—	T= 28 ± 1°C; HR=75 ± 5%; F.A.= Raton; Fe= Cada 8 días	Guarneri, Pinto, Schofield & Steindel (1998)
	<i>R. nasutus</i>	1,8	13	—	—	18,1	127,1	—	—	T= 25 ± 0,5°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina	Silva & Silva (1989a)
		2,6	18	—	—	14,5	101,2	—	—	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina	
		1,6	11	—	—	30,6	214,8	—	—	T= Fluctuante (28 ± 2°C a 22 ± 2°C); HR= Fluctuante (70,4% a 59,2%); F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Soares, Santos & Bento (1995)

	<i>R. negletus</i>	1,8	12,89	11	17	23,4	164,2	—	—	T= 33 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Rocha et al., (2001b)
		2,1	14,77	12	18	19,9	139,4	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	
<i>Rhodnius</i>	<i>R. negletus</i>	2,2	15,4	—	—	12,85	89,95	—	—	T= 26 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Gallinas	Rabinovich & Nieves (2011)
	<i>R. neivai</i>	2,8	19,9	—	—	39	272,9	—	—	T= 27 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Gallina	Cabello, Lizano & Valderrama (1987)
		2,7	19,4	—	—	40,4	282,8	—	—	T= 27 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Conejo	
	<i>R. pallescens</i>	2,7	19	15	24	27,5	193	—	—	T= 25 ± 3°C; HR= 80 ± 5%; F.A.= Palomas	Jurberg & Rangel (1984)
		2,6	18	17	23	15,4	108	—	—	T= 25 ± 3°C; HR= 80 ± 5%; F.A.= Ratras	
		2,6	18	16	19	18,3	110,5	—	—	T= 24-26°C; HR= 65%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 15 días	Florez & Angulo (2015)
		2,8	19,5	15	19	18,3	109,1	—	—	T= 24-26°C; HR= 85%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 15 días	
	<i>R. pictipes</i>	3	21	—	—	21,4	150	—	—	T= 25 ± 0,5°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	Silva & Silva (1990b)
		2,1	15	—	—	17	118,9	—	—	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	

		2	14	13	18	36	238,6	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 80 ± 5%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 15 días	Rocha, Galvao & Jurberg (1994)
		—	—	—	—	16	112	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 80 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Raton (Artificial); Fe= Cada 15 días	Rocha, da Fonseca, Costa, Jurberg & Galvão (1997)
<i>Rhodnius</i>	<i>R. pictipes</i>	—	—	—	—	16,7	116,8	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 80 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Carnero (Artificial); Fe= Cada 15 días	Rocha, da Fonseca, Costa, Jurberg & Galvão (1997)
		2,2	15,3	5	44	13,8	96,4	—	—	T= 17-26°C; HR= 48-75%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Peixoto & Jurberg (2014)
	<i>R. prolixus</i>	—	—	—	—	12,4	86,7	—	—	T= 28° ± 1°C; HR= 75%; Fo= 16/8 horas; F.A.= Oveja heparinizada; Fe= Cada 8 días	Luz et al., (1999)
		—	—	—	—	18,5	129,8	—	—	T= 28-30° C; HR= 65%; F.A.= Humanos; Fe= Cada 8 días	Aldana, Lizano & Valderrama (2001)
		2,2	15,4	12	16	16,8	102,3	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 75-80%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Arevalo et al., (2007)

	<i>R. robustus</i>	2,3	16,3	14	21	16,4	115	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Rocha et al., (2001a)
		2,1	15	14	17	16,2	113,4	—	—	T= 27 ± 3 %; HR=75 ± 5%; Fo= 12/12 F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Palomeque, Abad-Franch & Grijalva (2003)
		1,9	13,9	—	—	10,1	70,6	—	—	T= 28-30°C; HR= 55%; F.A.= Humano; Fe= Cada 15 días	Aldana et al., (2005)
	<i>R. stali</i>	2,6	18,2	11	38	16,6	116,4	—	—	T= 19-25°C; HR= 54-80%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Peixoto & Jurberg (2014)
<i>Triatoma</i>	<i>T. Arthurneivai</i>	3,6	25	22	28	32,6	228,3	—	—	T= 25°C; HR= 60-70%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Juarez (1970)
<i>Triatoma</i>	<i>T. Brasiliensis</i>	—	—	—	—	40,2	282	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Guarneri et al., (2000)
		—	—	—	—	17,1	119,7	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	
	<i>T. carcavalloi</i>	3,2	22,7	21	26	68,5	480			T= 26; HR= 70%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Cardozo et al., (2014)
	<i>T. delpontei</i>	4,2	29,6	—	—	27,2	190,2	31,4	219,8	T= 25°C; HR= 70%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina	Silva, Badauy, dos Santos (1994)

	<i>T. dimidiata</i>	3,9	27,9	24	30	34,4	240,8	38,4	268,9	T= 25 ± 2°C; HR= 70-80%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina; Fe= Cada 15 días	Reyes & Angulo (2009)
	<i>T. flavida</i>	3,9	27,2	21	32	29	203,2	32,9	230,4	T= 28 ± 2°C; HR= 85 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Cabello & Lizano (2001)
	<i>T. gerstaecker</i>	3,2	22,4	15	28	34,7	243,4	39,7	278,6	T= 27 ± 1°C; HR= 30 ± 2%; Fo= 12/12 F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2007)
	<i>T. infestans</i>	—	—	—	—	35,3	247	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Guarneri et al., (2000)
		—	—	—	—	23,1	161,9	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	
		2,8	19,8	—	—	20,1	140,9	24,23	169,6	T= 26 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Rabinovich (1973)
	<i>T. jurbergi</i>	4,9	34,6	—	—	81	567,2	—	—	T= 25 ± 0,5°C; HR= 52 ± 1%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas	Gomez & Silva (2000)
		2,3	16,2	—	—	24,2	169,8	—	—	T= 30 ± 0,5°C; HR= 52 ± 1%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas	
<i>Triatoma</i>	<i>T. lecticularia</i>	—	—	—	—	43,2	302,4	—	—	T=28° ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	Silva, Santos & Nakano (1993)

		2,7	18,9	14	24	36,2	253,9	38,9	272,8	T= 27 ± 1°C; HR= 30 ± 2%; Fo= 12/12 F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2007)
	<i>T. maculata</i>	4,1	29	—	—	27,7	193,9	—	—	T= 25 ± 0,5°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	Silva & Luz (1993)
		2,2	16	—	—	21,7	152,1	—	—	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	
	<i>T. melanosa</i>	2,3	16,4	13	19	27,4	192	29,7	208,4	T= 28 ± 1°C; HR= 80 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Galvao et al., (1999)
		3,2	22,8	17	25	31,1	218,1	34,4	240,9	T= Fluctuantes; HR= 70-90%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	
	<i>T. mexicana</i>	3,2	22,7	—	—	37,9	265,9	41,2	288,6	T= 25 ± 2°C; HR= 50 ± 5%; F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2008)
		2,9	20,4	—	—	38	266,3	40,9	286,7	T= 25 ± 2°C; HR= 75 ± 5%; F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	
		2,8	19,5	—	—	35	245,2	37,8	264,7	T= 30 ± 2°C; HR= 75 ± 5%; F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	
	<i>T. protracta</i>	4	28	—	—	28,4	199	—	—	T= 25 ± 0,5°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	Silva (1989c)
		2	14	—	—	23	161	—	—	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	

		2,9	20,7	19	25	39	273,3	—	—	T= 27 ± 1°C; HR= 30 ± 2%; Fo= 12/12 F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2007)
<i>Triatoma</i>	<i>T. pseudomaculata</i>	—	—	—	—	47,9	335,4	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Guarneri et al., (2000)
		—	—	—	—	33,2	232,6	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	
	<i>T. rubrofasciata</i>	2,5	17,3	—	—	34,1	238,8	—	—	T= 20-33°C; HR= 91,3 ± 4%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Braga, Pinto & Lima (1998)
		2,5	17,3	—	—	21,1	174,8	—	—	T= 20-33°C; HR= 91,3 ± 4%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 15 días	
		2,5	17,3	—	—	26,7	187	—	—	T= 29°C; HR= 80%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	
		2,5	17,3	—	—	32,6	228,2	—	—	T= 29°C; HR= 80%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 15 días	
		2,7	19,1	—	—	59,2	414,9	—	—	T= Fluctuante (20,6-30,8°C); HR= Fluctuante (44,3-70%); F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Damborsky et al., (2005)
		2,2	15,6	—	—	41,2	288,8	—	—	T= 28 ± 2,2; HR= 63 ± 6,2%; F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	

	<i>T. ryckmani</i>	—	—	—	—	48,2	337,5	51,38	359,7	T= 26 ± 0,4°C; HR= 62 ± 3%; F.A.= Hamster; Fe= Cada 15 días	Zeledón et al., (2010)
	<i>T. sordida</i>	—	—	—	—	36,1	252,7	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Guarneri et al., (2000)
		—	—	—	—	17,1	119,7	—	—	T= 28 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	
<i>Triatoma</i>	<i>T. tibiamaculata</i>	4	24	—	—	28,2	197,3	—	—	T= 25 ± 0,5°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	Silva (1992)
		2,3	16	—	—	23,5	164,5	—	—	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12	
	<i>T. vitticeps</i>	2,8	20	17	23	33	231	—	—	T= 25 ± 2°C - 28 ± 2°C; HR= 80 ± 2%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Goncalves, Victorio, Jurberg & Cunha (1988)
<i>Panstrongylus</i>		3,04	21,3	—	—	34,6	242,4	39	273	T= 26 ± 3°C; HR= 90 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 15 días	Cabello & Galíndez (1998)
		—	—	—	—	—	—	21,35	149,5	T= 28-30°C; HR= 95%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Wolff & Gonzales (1998)



	<i>P. geniculatus</i>	3,87	27,1	—	—	35,5	248,5	39,3	275,6	T= 26 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Rabinovich & Feliciangeli (2015)
		3,2	22,6	14	28	26,7	186	29,95	209,65	T= 26 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Presente Trabajo
		3,0	21	14	21	24,0	167,8	26,96	188,7	T= 28 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	
		2,9	20,3	14	21	29	203	31,85	222,95	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	
	<i>P. herreri</i>	2,7	19,1	—	—	17,5	122,5	20,2	141,3	T= Fluctuante (18,9-31°C); HR= Fluctuante (31-82%); F.A.=Ratones; Fe= Cada 8 días	Framzim et al., (2017)
	<i>P. rufotuberculatus</i>	3,4	24,2	—	—	16,2	113,5	19,8	138,8	T= 24 ± 2°C; RH= 94 ± 4%;	Wolff et al., (2004)

<i>Panstrongylus</i>	<i>P. chinai</i>	3,6	25	24	28	52,2	366	55,8	391	T= 24 ± 6°C; HR= 70 ± 10%; Fo= 12/12; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Mosquera et al., (2016)
----------------------	------------------	-----	----	----	----	------	-----	------	-----	--	-------------------------

T= temperatura. HR= Humedad relativa. Fo= Fotoperiodo. F.A.= Fuente de alimento. Fe= Frecuencia de alimentación.

Fuente: Autor

**Anexo P.** Cuadro comparativo del porcentaje de eclosión y de mortalidad de los estadios ninfales de algunos triatominos.

P.E. Porcentaje de eclosión. M.A. Moratlidad acumulada.

Género	Especie	P.E. (%)	Porcentaje (%) de mortalidad por estadio					M.A.	Condiciones	Referencia
			N1	N2	N3	N4	N5			
<i>Rhodnius</i>	<i>R. brethesi</i>	—	10,8	2,4	0,8	1,2	1,14	—	T= Fluctuante (19-35°C); Fe= Cada 8 días	Rocha et al., (2004)
	<i>R. colombiensis</i>	85,6%	0	4,3	18,2	5,5	7,3	—	T= 28 ± 1°C; HR= 75-80%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Arevalo et al., (2007)
	<i>R. domesticus</i>	57%	12,3	3,5	1,7	0	1,7	—	T= 28 ± 1°C; HR=75 ± 5%; F.A.= Raton; Fe= Cada 8 días	Guarneri, Pinto, Schofield & Steindel (1998)
	<i>R. nasutus</i>	—	6,7	0	16,7	3,3	20	—	T= Fluctuante (28 ± 2°C a 22 ± 2°C); HR= Fluctuante (70,4% a 59,2%); F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Soares, Santos & Bento (1995)
	<i>R. neglectus</i>	—	55	44	38	21	64,2	—	T= 33 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	Rocha et al., (2001b)
		—	12	28	17	15	21	—	T= 28 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Palomas; Fe= Cada 8 días	
	<i>R. prolixus</i>	89,5%	0	1,1	0	1,1	4,4	—	T= 28 ± 1°C; HR= 75-80%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Arevalo et al., (2007)


	<i>R. robustos</i>	78,30%	—	—	—	—	—	—	T= 28-30°C; HR= 55%; F.A.= Humano; Fe= Cada 15 días	Aldana et al., (2005)
<i>Triatoma</i>	<i>T. carcavalloei</i>	38,30%	11,3	14	22,2	5,7	4,0	57,2	T= 26; HR= 70%; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Cardozo et al., (2014)
	<i>T. dimidiata</i>	100%	6	4	5	4	3	—	T= 25 ± 2°C; HR= 70-80%; Fo= 12/12; F.A.= Gallina; Fe= Cada 15 días	Reyes & Angulo (2009)
<i>Triatoma</i>	<i>T. gerstaecker</i>	75%	8	6	5,3	6,7	12,7	—	T= 27 ± 1°C; HR= 30 ± 2%; Fo= 12/12 F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2007)
	<i>T. infestans</i>	85,6%	18,73	4,95	1,63	6,35	16,25	—	T= 26 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Rabinovich (1973)
	<i>T. lecticularia</i>	82,50%	41,4	11,2	13	5,3	4,7	—	T= 27 ± 1°C; HR= 30 ± 2%; Fo= 12/12 F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2007)
	<i>T. pallidipennis</i>	60%	9,17	5,5	6,8	4,17	13,04	—	T=25 ± 4°C; HR= 60 ± 5%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 3 días	Martínez & Katthain (1998)
	<i>T. protracta</i>	76%	40,1	10,5	11,2	4,6	2	—	T= 27 ± 1°C; HR= 30 ± 2%; Fo= 12/12 F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2007)
	<i>T. mexicana</i>	49%	27,6	4,1	1	0	9,2	—	T= 25 ± 2°C; HR= 50 ± 5%; F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	Martínez et al., (2008)

		50-60%	29,1	5,5	0,9	3,6	6,4	—	T= 25 ± 2°C; HR= 75 ± 5%; F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	
		50-60%	26,1	6,1	2,6	4,3	5,2	—	T= 30 ± 2°C; HR= 75 ± 5%; F.A.= Conejos; Fe= Cada 8 días	
	<i>T. rubrovaria</i>	98,3	2	11	24	20	7,5	—	T= Fluctuante (20,6-30,8°C); HR= Fluctuante (44,3-70%); F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	Damborsky et al., (2005)
		99,1%	6	1	13	18	37	—	T= 28 ± 2,2; HR= 63 ± 6,2%; F.A.= Gallina; Fe= Cada 8 días	
	<i>T. ryckmani</i>	86,8%	10,5	12,8	3,7	21,5	0	—	T= 26 ± 0,4°C; HR= 62 ± 3%; F.A.= Hamster; Fe= Cada 15 días	Zeledón et al., (2010)
	<i>Panstrongylus</i>	<i>P. geniculatus</i>	88,9%	8,93	3,92	0	0	2,04	14,3	T= 26 ± 3°C; HR= 90 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 15 días
<i>Panstrongylus</i>	<i>P. geniculatus</i>	92,2%	9,24	7,98	2,08	1,52	7,88	31,5	T= 26 ± 1°C; HR= 60 ± 10%; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Rabinovich & Feliciangeli (2015)
		90%	17,4	4,2	12,3	9	5,5	46,3	T= 26 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	Presente Trabajo

		90%	25,7	11,2	8,4	5,8	8,5	53,1	T= 28 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	
		61,9%	38,1	48,5	5,9	6,3	8,9	77,5	T= 30 ± 1°C; HR= 70 ± 5%; Fo= 12/12; F.A.= Gallinas; Fe= Cada 8 días	
		81,04%	—	—	—	—	—	—	T= fluctuante (24-30°C) y HR= fluctuante (60-80%)	
	<i>P. chinai</i>	95,9%	50	14,3	3,3	20,7	52,2	84,9	T= 24 ± 6°C; HR= 70 ± 10%; Fo= 12/12; F.A.= Ratones; Fe= Cada 8 días	Mosquera et al., (2016)
	<i>P. rufotuberculatus</i>	84,4%	—	—	—	—	—	—	T= 24 ± 2°C; RH= 94 ± 4%;	Wolff et al., (2004)

T= temperatura. HR= Humedad relativa. Fo= Fotoperiodo. F.A.= Fuente de alimento. Fe= Frecuencia de alimentación.

Fuente: Autor

 <b>Universidad del Tolima</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE FORMACIÓN DE USUARIOS</b>  <b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	Página 1 de 3
		Código: GB-P04-F03
		Versión: 03
		Fecha Aprobación: 15 de Febrero de 2017

Los suscritos:

RICARDO JOSÉ VIVAS MEDINA	con C.C N°	1'075 237.405
_____	con C.C N°	_____
_____	con C.C N°	_____
_____	con C.C N°	_____
_____	con C.C N°	_____

Manifiesto (an) la voluntad de:

Autorizar ☒

No Autorizar ☐ Motivo: \_\_\_\_\_


La consulta en físico y la virtualización de **mi OBRA**, con el fin de incluirlo en el repositorio institucional de la Universidad del Tolima. Esta autorización se hace sin ánimo de lucro, con fines académicos y no implica una cesión de derechos patrimoniales de autor.

Manifestamos que se trata de una OBRA original y como de la autoría de LA OBRA y en relación a la misma, declara que la UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, se encuentra, en todo caso, libre de todo tipo de responsabilidad, sea civil, administrativa o penal (incluido el reclamo por plagio).

Por su parte la UNIVERSIDAD DEL TOLIMA se compromete a imponer las medidas necesarias que garanticen la conservación y custodia de la obra tanto en espacios físico como virtual, ajustándose para dicho fin a las normas fijadas en el Reglamento de Propiedad Intelectual de la Universidad, en la Ley 23 de 1982 y demás normas concordantes.

La publicación de:

Trabajo de grado	<input checked="" type="checkbox"/>	Artículo	<input type="checkbox"/>	Proyecto de Investigación	<input type="checkbox"/>
Libro	<input type="checkbox"/>	Parte de libro	<input type="checkbox"/>	Documento de conferencia	<input type="checkbox"/>
Patente	<input type="checkbox"/>	Informe técnico	<input type="checkbox"/>		
Otro: (fotografía, mapa, radiografía, película, video, entre otros)					<input type="checkbox"/>

 Universidad del Tolima	<b>PROCEDIMIENTO DE FORMACIÓN DE USUARIOS</b>  <b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	Página 2 de 3
		Código: GB-P04-F03
		Versión: 03
		Fecha Aprobación: 15 de Febrero de 2017

Producto de la actividad académica/científica/cultural en la Universidad del Tolima, para que con fines académicos e investigativos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad del Tolima. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 23 de 1982. En concordancia suscribo este documento en el momento mismo que hago entrega del trabajo final a la Biblioteca Rafael Parga Cortes de la Universidad del Tolima.

De conformidad con lo establecido en la Ley 23 de 1982 en los artículos 30 “**...Derechos Morales. El autor tendrá sobre su obra un derecho perpetuo, inalienable e irrenunciable**” y 37 “**...Es lícita la reproducción por cualquier medio, de una obra literaria o científica, ordenada u obtenida por el interesado en un solo ejemplar para su uso privado y sin fines de lucro**”. El artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “**los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores**” y en su artículo 61 de la Constitución Política de Colombia.

- Identificación del documento:

Título completo: ESTABLECIMIENTO DE COLONIAS DE *Panstrongylus geniculatus* EN LABORATORIO PARA EL ESTUDIO DEL EFECTO DE VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE SU CICLO DE VIDA

- Trabajo de grado presentado para optar al título de:

**Biólogo**

- Proyecto de Investigación correspondiente al Programa (No diligenciar si es opción de grado “Trabajo de Grado”):

---

- Informe Técnico correspondiente al Programa (No diligenciar si es opción de grado “Trabajo de Grado”):

---

- Artículo publicado en revista:

---


- Capítulo publicado en libro:

---

- Conferencia a la que se presentó:

---




 <b>Universidad del Tolima</b>	<b>PROCEDIMIENTO DE FORMACIÓN DE USUARIOS</b>  <b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	Página 3 de 3
		Código: GB-P04-F03
		Versión: 03
		Fecha Aprobación: 15 de Febrero de 2017

Quienes a continuación autentican con su firma la autorización para la digitalización e inclusión en el repositorio digital de la Universidad del Tolima, el:

Día: **06** Mes: **Febrero** Año: **2018**

Autores:

Firma

Nombre:	Ricardo José Vivas Medina		C.C.	1'075.237.405
Nombre:			C.C.	
Nombre:			C.C.	
Nombre:			C.C.	

El autor y/o autores certifican que conocen las derivadas jurídicas que se generan en aplicación de los principios del derecho de autor.